



EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO DE HUANGLONGBING (HLB) EN LA CADENA CITRICOLA MEXICANA

Diznarda Salcedo, Raúl Hinojosa, Gustavo Mora, Ignacio Covarrubias,
Fernando DePaolis, Carlos Cíntora, Saturnino Mora





EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO DE HUANGLONGBING (HLB) EN LA CADENA CITRICOLA MEXICANA



2010

Este documento fue elaborado por Diznarda Salcedo-Baca, Raúl A. Hinojosa, Gustavo Mora-Aguilera, Ignacio Covarrubias-Gutiérrez, Fernando J. R. DePaolis, J. Saturnino Mora-Flores, y Carlos L. Cíntora-González, consultores externos del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), como cooperación técnica del Instituto a la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA-SAGARPA. Las ideas y planteamientos son propios de los autores y no representan necesariamente la opinión del IICA

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2010

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda. Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en <http://www.iica.int>

Autores: Salcedo-Baca, D., R.A. Hinojosa, G. Mora-Aguilera, I. Covarrubias-Gutiérrez, F.J.R. De Paolis, J.S. Mora-Flores, C.L. Cíntora-González.

Los autores agradecen la colaboración de Gerardo Méndez, Emiliano Gamboa, Salvador Ortiz y Luis Jiménez, así como del personal técnico y directivo de la Dirección General de Sanidad Vegetal del SENASICA, del INIFAP y de la Dirección General de Promoción Agrícola de la Subsecretaría de Agricultura - SAGARPA. En particular, a Rigoberto Flores Virgen, del Comité de Sanidad Vegetal de Colima, por sus comentarios.

Coordinación editorial: Armando Mateos

Corrección de estilo: Guillermo Hormazabal

Diseño: Arturo Valdivia Enciso

Impresión: Compañía Impresora Kavers S.A. de C.V.

Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la Cadena Citrícola Mexicana / Diznarda Salcedo ··· /et.al/. – México: IICA, 2010
144 p.; 21.5 x 28 cm.

ISBN 978-92-9248-275-6

1. Evaluación del impacto 2. Citrus 2. Enfermedades de las plantas 3. Plagas de las plantas 4. Epidemiología 5. Citrus 6. Patogénesis 7. Agroindustria 8. México I. Salcedo, Diznarda II. IICA III. Título

AGRIS DEWEY
H20 634.3

México, D.F., 2010

La agricultura es parte importante de la economía del país y un factor estratégico para la alimentación de sus ciudadanos; sin embargo y desde siempre, la producción de alimentos y otros productos agrícolas se ha visto mermada por diversos siniestros, entre ellos las plagas, las cuales han sido un problema preocupante, tanto por sus efectos directos como por aquéllos indirectos que llegan a provocar.

Desde su fundación en 1900, la Dirección General de Sanidad Vegetal (en ese entonces Comisión de Parasitología Agrícola) ha enfrentado retos fitosanitarios de baja, mediana y gran envergadura, entre los que se pueden mencionar los siguientes: mosca mexicana de la fruta, langosta, mosca del mediterráneo, carbón parcial del trigo, mosquita blanca, broca del café, sigatoka negra del plátano, amarillamiento letal del cocotero, cochinilla rosada del hibiscus y palomilla del nopal, entre otros.

En todos los casos, con el apoyo del talento de las instituciones de investigación nacionales y de otros países, con la operación de las acciones fitosanitarias a través de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal, y la inversión de recursos federales, estatales y de los propios productores, se han superado dichos retos.

El tema de actualidad es el Huanglongbing (HLB), enfermedad de origen bacteriano considerada en el mundo como la más destructiva para todas las especies de cítricos. Para México representa un verdadero reto fitosanitario, tal vez el más importante que se haya enfrentado, no solo por el daño que el HLB ocasiona a las plantas, sino porque se cuenta con más de medio millón de hectáreas de cítricos en 23 estados, y de éstas dependen directa e indirectamente miles de familias mexicanas.

La evaluación realizada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), plasma de manera clara y realista las pérdidas económicas que podrían ocurrir a corto, mediano y largo plazo en caso de que el HLB se establezca en México, razón por la cual es prioritario que todos los eslabones de la cadena agroalimentaria de este cultivo, los cuales se agrupan en los Sistemas Producto Cítricos Dulces, Limón Mexicano y Limón Persa, unan sus esfuerzos a los de los Gobiernos Federal y Estatales y trabajen de manera coordinada y regional para tener éxito contra esta enfermedad y su vector.

Enrique Sánchez Cruz
Director en Jefe del SENASICA
SAGARPA
Mayo de 2010



El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, tiene como misión proveer cooperación técnica a sus estados miembros. A través de los Programas como el de Sanidad Agropecuaria y la Inocuidad de los Alimentos se pretende colaborar con los países en el mejoramiento del desempeño y la calidad de sus respectivos servicios nacionales de sanidad e inocuidad agropecuaria.

A raíz de la detección de brotes del enverdecimiento de los cítricos (huanlongbing o greening) en México en el 2009, el SENASICA y el IICA acordaron llevar a cabo este estudio para evaluar el impacto económico que generaría esta enfermedad en la cadena citrícola en sus diversos componentes, tanto en la actividad primaria como en la agroindustria y en el resto de la economía. Entre los impactos más importantes se cuentan el desempleo que se puede generar a lo largo de toda la cadena, la reducción en el procesamiento de productos agroindustriales y en el beneficio, en la capacidad instalada de la industria agroalimentaria, en la cantidad de divisas que ingresarían al país por concepto de exportaciones tanto de productos frescos como procesados, y, finalmente, en el ingreso conjunto a nivel país.

Por último en el trabajo, se hace una comparación de las medidas preventivas o de control que se llevan a cabo en México con respecto a las que se esta llevando en otros países que también están enfrentando este mismo problema, y se presentan conclusiones y recomendaciones de tipo general.

Deseamos que este trabajo sea un aporte del Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura a los esfuerzos de prevención y control de esta enfermedad en México y también en otros países de Latinoamérica, para disminuir el impacto económico y social a través de la toma oportuna de decisiones.



En respuesta a la detección de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* causante de la enfermedad del huanglongbing (HLB) en la comunidad del Cuyo, municipio de Tizimín, Yucatán en julio del 2009, la DGSV-SENASICA y el IICA acordaron que se realizara un estudio sobre las implicaciones que tendría para la industria citrícola mexicana el ingreso y establecimiento de dicha enfermedad, considerada como la más destructiva para los cítricos, en territorio nacional.

Esta evaluación tuvo como objetivo general cuantificar los impactos económicos que traería el HLB a la cadena citrícola mexicana, de no tomarse ninguna acción al respecto; y en particular, comparar las medidas preventivas y/o de control que está tomando México, con respecto a las acciones instrumentadas por otros países que enfrentan el mismo riesgo. Para cumplir con el objetivo principal se aplicaron tres metodologías distintas para evaluar los impactos en: 1) la actividad productiva primaria, se realizó un análisis productivo-epidemiológico, con el que se evaluaron dos escenarios de pérdida, mediante el diseño y estimación de una matriz con diferentes técnicas estadísticas; 2) para la agroindustria o transformación, se efectuó la combinación de indicadores técnicos estimados base 2008, con los escenarios de riesgo de pérdida en producción de cítricos a nivel actividad primaria; para la estimación de los indicadores se utilizó tanto información general publicada como específica capturada mediante la aplicación de una encuesta a empresas y plantas procesadoras, estadísticamente seleccionadas por un muestreo estratificado y; 3) para la economía en su conjunto, en donde el impacto se evaluó tanto para el sector citrícola como para otras actividades relacionadas a la citricultura nacional, mediante la estimación del modelo IMPLAN, tipo insumo producto, previamente utilizado para el mismo propósito por la Universidad de Texas A&M.

Dentro del análisis productivo epidemiológico se identificaron y analizaron las características del sector productivo citrícola, incluyendo sus principales zonas productoras con especies y variedades, tipologías de producción para estratificar los niveles tecnológicos existentes, condiciones agro-climatológicas de los cultivos, los aspectos epidemiológicos de la enfermedad para entender su grado y distribución espacial, así como, una revisión bibliográfica de lo que han venido haciendo otros países para estimar escenarios de riesgo.

Para el análisis de la agroindustria se analizó su conformación e interrelaciones entre las empresas y plantas que la integran (empacadoras, cepilladoras, enceradoras, comercializadoras y procesadoras de cítricos) incluyendo su estructura de costos, productos que generan, destino comercial de los mismos. Entre otros: costos/precios de materias primas (cítricos frescos como naranja, limón, toronja y mandarina); cantidad y costo de insumos; servicios y personal ocupado en la etapa de procesamiento (tanto operativo como administrativo); materiales para envase, empaque y embalajes; volúmenes y valores de los productos procesados; exportaciones de productos frescos con valor agregado (ej. limón persa cepillado) y los industrializados como jugos simples y concentrados, aceites esenciales, cáscara deshidratada y pectinas; capacidad instalada y utilizada de las empresas agroindustriales; costos de transporte (tanto de materia prima como de producto terminado) y de energía.

Las pérdidas estimadas para las tres etapas de la cadena citrícola mexicana se cuantificaron a distintos horizontes de tiempo, y bajo tres escenarios de riesgo distintos (bajo, moderado, alto) a partir de establecido el HLB en el país. Bajo la cobertura y supuestos del análisis económico, los resultados de la evaluación fueron:





Pérdidas potenciales para la actividad citrícola primaria

Para el primer escenario, que consistió en la estimación de pérdidas potenciales de producción citrícola bajo un esquema epidémico de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productoras del país, los resultados indicaron:

- Que el impacto potencial del HLB depende de la magnitud de superficie sembrada y nivel de los rendimientos en los distintos estados del país, siendo Veracruz con naranja, toronja y limón persa, el estado que enfrentaría un impacto alto en pérdida de su producción; Colima y Michoacán, con limón agrio o mexicano, de alto a moderado; y Tamaulipas con naranja, moderado y, con toronja, bajo. La naranja representó el 43% del valor total de la producción de cítricos en 2008, limón mexicano 33%, limón persa 16%, toronja 5%, mandarina 2% y el limón italiano alrededor del 1%.
- Con naranja exclusivamente, Sonora, Tamaulipas, Morelos y Jalisco enfrentarían impacto moderado; mientras que Nuevo León y San Luis Potosí, aunque cultivan más de 25 mil hectáreas, por tener bajos rendimientos enfrentarían un impacto bajo, al igual que el resto de entidades productoras de naranja. La pérdida en producción nacional de naranja ascendería a 1.8 millones de toneladas, contribuyendo Veracruz con el 47% (846,543 toneladas), el conjunto de estados expuesto a riesgo moderado (Jalisco, Morelos, Sonora y Tamaulipas) con el 18% (329,354 toneladas), y los estados restantes, que estarían expuestos a un impacto bajo, con el 35% restante (644,743 toneladas, en conjunto).
- A la pérdida en producción nacional de toronja, Veracruz contribuiría con el 63% (111,949 toneladas); mientras que 8 estados con el 20% (36,077 toneladas) y otros 10 entidades con el 17% restante (30,195 toneladas).
- Las pérdidas que enfrentaría el país en la producción de limón agrio sería del orden de las 183,168 toneladas, a las cuales Colima, al estar expuesta a un impacto alto del HLB, contribuiría con el 48% (87,765 toneladas); Michoacán frente a impacto moderado, con el 32% (59,071 toneladas); y otros 20 estados expuestos a impacto bajo, con el 20% restante (36,332 toneladas). De limón persa, Veracruz perdería 75,987 toneladas, contribuyendo con el 64% a la pérdida nacional; otros 5 estados (Tabasco, Puebla, Colima, Jalisco y Sinaloa) que enfrentarían impacto moderado, con el 19% (22,882 toneladas); y 14 entidades, ante impacto bajo, con el 16% restante (19,380 toneladas).
- La pérdida nacional para el conjunto de cítricos, frente a un impacto bajo del HLB, sería de 1.84 millones de toneladas equivalentes al 25% de su producción, correspondiendo a naranja y toronja las mayores pérdidas (33%), seguidas de la mandarina (17%) y finalmente del limón en sus distintas variedades (10%). Ante un impacto moderado, la pérdida sería de 2.35 millones de toneladas (32% de la nacional), siendo nuevamente los mayores impactos para naranja y toronja (del 42%). Frente a un impacto alto, la pérdida se incrementaría a 3 millones de toneladas equivalentes al 41% de la producción del país, creciendo el impacto para naranja y toronja al 53%, para mandarina al 26% y para limón al 18%.
- La pérdida de jornales para el cultivo del conjunto de cítricos crecería de 4 millones frente a un impacto bajo, a 12.6 millones ante un moderado y a 19.3 millones ante un alto.





Para el segundo escenario, que consideró condiciones biológicas implícitas a la temporalidad y espacialidad del proceso epidémico; esto es, una intensidad variable y distribución gradual de HLB en el país, los resultados indicaron que:

- El escenario epidémico del HLB en México puede ser variable en función de la inductividad diferencial regional, entre los que destaca el clima y la estructura de hospederos citrícolas en relación a susceptibilidad al patógeno y superficie sembrada. Veracruz, Colima y Michoacán se consideran entidades de alto riesgo epidémico y de impacto comercial. La Península de Yucatán y la vertiente del Pacífico constituyen regiones de riesgo epidémico pero de relativo impacto moderado económico local.
- Frente a un riesgo donde concurrirían en tiempo, entidades federativas con epidemias a tres grados de intensidad distinta (alta, moderada y baja) el porcentaje combinado máximo de pérdida sobre la producción nacional para el conjunto de cítricos sería de un 14%, equivalente a un millón de toneladas, al año de establecido el patógeno; de 24% (1.7 millones de toneladas) a tres años; y de 38% (2.7 millones de toneladas de fruto) a cinco años.
- Desagregando los impactos por especie citrícola en los tiempos y niveles de riesgo epidémico, a 3 años de establecido el HLB, frente a un escenario de riesgo alto, la pérdida total de cítricos en el país sería de 1.7 millones de toneladas y de 12.2 millones de jornales, correspondiendo los mayores impactos a naranja (1.4 millones de toneladas y 9.6 millones de jornales) y en menor medida a toronja (196 mil toneladas y 1.2 millones de jornales), limón –persa, agrio e italiano- (153 mil toneladas y 1.3 millones de jornales para el conjunto de las 3 variedades) y mandarina (22 mil toneladas y 201 mil jornales).
- A cinco años de establecida la enfermedad y ante un riesgo alto, la pérdida en la producción nacional ascendería a 2.7 millones de toneladas de cítricos y a 19.3 millones de jornales, siendo nuevamente los mayores impactos para naranja, con cerca de 2 millones de toneladas y 13.7 millones de jornales; seguida de toronja, con 260 mil toneladas y 1.6 millones de jornales; conjunto de variedades de limón, con 415 mil toneladas y 3.5 millones de jornales; y finalmente mandarina, con 60 mil toneladas y 543 mil jornales.



Pérdidas potenciales para la agroindustria citrícola

Se estimaron los indicadores técnicos de la estructura de costos de producción, para cítricos dulces y cítricos agrios a 2008, tanto para las empresas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) como las transformadoras (extractoras de jugos, aceites esenciales, deshidratadoras de cáscara y extractoras de pectina), los cuales se determinaron a partir de los insumos y productos generados, referenciados al costo y disponibilidad de la materia prima, sirviendo de base para la estimación de las pérdidas potenciales en la agroindustria. También se calculó un indicador para la mano de obra directa, en función de las toneladas de cítrico procesadas.

- A partir del impacto estimado en la producción primaria de cítricos, considerando los escenarios bajo, moderado y alto, la reducción de la materia prima que pueden enfrentar las acondicionadoras y plantas



procesadoras de cítricos agrios sería del 4% frente a un escenario de pérdida bajo, de 9% ante un moderado y de 19% frente a un alto (bajando de 2.41 millones de toneladas que procesaron en 2008 a 1.97 millones), a cinco años de establecida la enfermedad; mientras que de cítricos dulces sería de 11%, 33% y 48%, respectivamente. La reducción de materia prima para el empaque llegaría a 366 mil toneladas frente a un impacto alto, mientras que para las plantas de procesamiento a 76 mil toneladas.

- La cantidad de cítricos dulces (naranja, mandarina y toronja) a procesar por las agroindustrias se reduciría de 5.95 a 3.18 millones de toneladas, frente a un impacto alto del HLB y a los cinco años de establecido; mientras que la reducción llegaría a 2.24 millones de toneladas para las empresas acondicionadoras (empaques) y a 524 mil toneladas para las plantas procesadoras.
- La pérdida de empleos directos en la agroindustria de cítricos, como consecuencia de la reducción en los volúmenes de materia prima, sería de 3,774 al año, correspondiendo el 87% a las empresas que industrializan cítricos dulces y el 13% restante a las de cítricos agrios. Los empleos directos de la agroindustria de cítricos dulces se reducirían en 3,289 plazas (de 7,072 en 2008 a tan solo 3,783 a cinco años de establecido el HLB); mientras que los de cítricos agrios en 485 (de 2,652 a 2,167).
- A tres años de establecido el HLB, la pérdida en el ingreso de las agroindustrias cítricas sería de 507, 1,632 y 2,517 millones de pesos de 2008, frente a un riesgo bajo, moderado y alto, respectivamente; mientras que en generación de divisas, mediante exportaciones, de 130, 404 y 645 millones. Por su parte, la pérdida de empleos sería de 282 ante un riesgo bajo, 929 frente a moderado y 1,396 ante un alto.
- Las pérdidas en el valor de la producción de las agroindustrias mexicanas de cítricos a cinco años de infestación, de no tomarse medidas preventivas y/o de control contra dicha enfermedad, para las plantas de cítricos agrios serían de \$1,385 millones de pesos del 2008, ante un escenario de impacto alto, de \$676 millones frente a uno moderado y de \$283 millones ante un bajo; siendo el mayor impacto para las empacadoras y en menor medida para las procesadoras. Los ingresos brutos de las empacadoras se reducirían \$1,218 millones (bajando de \$6,658 a \$5,440 millones de 2008); mientras que los de las empresas procesadoras \$131 millones (de \$720 a \$589 millones).
- El valor de la producción de cítricos dulces se verá mayormente afectado porque dichos frutos presentan mayor susceptibilidad al HLB; la pérdida ascendería a \$1,131 millones ante un escenario de riesgo bajo, a \$3,751 millones frente a riesgo moderado y a \$5,419 millones ante un riesgo alto. Las empacadoras verían reducido su ingreso en \$3,932 millones de 2008, en presencia de un riesgo alto (de \$8,456 a \$4,524 millones); mientras que las procesadoras en \$1,369 millones (de \$2,944 a \$1,575 millones), también a cinco años de establecida la enfermedad.
- El impacto que traería consigo el HLB en la exportación mexicana de cítricos frescos y procesados, implicará una reducción en el ingreso de divisas al país de 157 millones de dólares con respecto a 2008, equivalente al 30% (de 505 millones a 348 millones), frente a un riesgo alto y a cinco años de infestación. Los cítricos dulces dejarían de ingresar divisas por 106 millones de dólares, ante un riesgo alto, 73 millones frente a un moderado y 22 millones ante un bajo; mientras que los cítricos agrios por 51, 25 y 10 millones, respectivamente.





Pérdidas potenciales para la economía mexicana en su conjunto

Partiendo de los multiplicadores de empleo calculados por el modelo, los impactos estimados directos (para el sector agrícola), los indirectos (para las industrias que abastecen insumos al sector agrícola), así como los inducidos (para la economía en su conjunto por las reducciones de ingreso en sectores afectados directa e indirectamente), a uno, tres y cinco años de establecido el HLB serían:

- A un año de la infestación, la pérdida total de empleos de tiempo completo en la actividad citrícola nacional sería de 4,105, 17,988 y 27,463, respectivamente, para cada uno de los escenarios de bajo, medio y alto riesgo; mientras que a los tres años de 9,434, 30,628, y 80,691, respectivamente. A los cinco años, la pérdida total ascendería a 26,311, 82,815 y 126,439, siendo la pérdida de los directos de 16,50, y 77 mil empleos, ante cada nivel de riesgo, los indirectos (inter-industria) de 8, 25 y 38 mil, respectivamente, y los inducidos (para los sectores restantes de la economía), de 2, 7 y 11 mil. Las actividades relacionadas a la producción de naranja y sus derivados absorberían los mayores impactos.
- La pérdida en el valor de la producción nacional sería mayor para el sector primario (que incluye a la agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería), dentro de los 10 principales sectores que resultarían afectados ante la potencial infestación del HLB, bajo los tres escenarios de riesgo establecidos; tanto en efecto directo, como indirecto e inducido.
- A cinco años de la infestación y frente a un riesgo alto, la pérdida directa en el valor de la producción del sector primario ascendería a 3,800 millones de pesos de 2008; mientras que la indirecta a 479 millones, la inducida a 65 millones y la total a 4,343 millones. En orden de importancia seguiría el sector “comercio y reparaciones”; el de “productos alimenticios, bebidas y tabacos”; y el de “otras actividades de negocio”. Para la economía en su conjunto (total de 48 sectores) y frente a un riesgo alto, el impacto indirecto sería de 2,003 millones de pesos, el inducido de 1,183 millones y el total de 6,965 millones.
- También el sector “agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería” absorbería las mayores pérdidas de empleo, ante los tres niveles de riesgo, aunque el efecto inducido y total del “sector productos alimenticios, bebidas y tabaco” lo superaría en los tres casos. Para la economía en su conjunto y ante un nivel de riesgo alto, la pérdida indirecta ascendería a 9,534 empleos, la inducida a 4,341 y la total a 55,249.
- El mayor efecto directo y total de salarios lo tendría el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” bajo los tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto), posiblemente porque las remuneraciones de ese sector tienden a ser más altas que en el sector primario, que le siguió en importancia. Por tanto, ante cualquier pérdida de empleo en el sector agrícola, el efecto indirecto en salarios en el sector productos alimenticios, bebidas y tabaco sería mayor.

Comparación de medidas preventivas y/o de control contra el HLB en México y otros países.

- En respuesta a la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Tizimín, Yucatán en julio del 2009, México respondió inmediatamente con un protocolo de actuación ante la emergencia por la detección





de huanglongbing (HLB), para mitigar el riesgo de introducción y dispersión, el cual se contempla en la NOM-EM-047-FITO-2009 que entró en operación.

- La vigilancia epidemiológica que sigue México con respecto al HLB posee ciertas ventajas frente a la existente en otros países, por el carácter territorial de sus normas (opera actualmente de manera centralizada mediante los lineamientos de la DGSV del SENASICA y se aplica a *Candidatus Liberibacter* spp. en estatus de exclusión y/o erradicación); sin embargo, la infraestructura operativa con que cuenta dicho sistema de vigilancia, a nivel estatal, es insuficiente para enfrentar el gran riesgo que representa la enfermedad a la citricultura nacional.
- Los resultados de Brasil y los actuales de México señalan que la dispersión del patógeno puede reducirse pero no evitarse, debido a la movilidad aérea del vector y del material propagativo; por lo que la ejecución de acciones contra el vector son imperativas.
- Aunque en Florida se detectó la presencia del vector desde 1998, prácticamente no se ejecutaron acciones, por parte del gobierno, previo a la aparición del patógeno en el 2005, y las que actualmente se desarrollan son de protección mediante control químico y, en menor escala, a través de control biológico del vector.
- En Brasil no es clara la función gubernamental en la coordinación, planeación y ejecución de acciones contra la enfermedad, observándose una gran diferencia en el manejo de problemas de interés regulatorio en cítricos entre los estados, siendo Sao Paulo la entidad con mayor inversión privada y estatal destinada al manejo fitosanitario de dichos cultivos. En dicho estado, se monitorean e inspeccionan periódicamente los efectos de HLB, erradicando las plantas identificadas con síntomas de la enfermedad. El patógeno estuvo presente en casi la totalidad de los municipios de Sao Paulo en 2009.
- En la provincia de Guangdong, China, se erradicó la bacteria (*C. Liberibacter* spp.) por medio del método de crio-conservación in vitro (Ding, *et. al.* 2008) teniendo una efectividad del 90%.



Con base en las conclusiones antes mencionadas, y en los planteamientos sugeridos por personal profesional de la SAGARPA (SENASICA, INIFAP, Dirección General de Promoción Agrícola de la Subsecretaría de Agricultura), Coordinadores de la Campaña HLB y de la Campaña Plagas Cuarentenarias de los Cítricos en los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, representantes del Sistema Producto Limón Persa y de la Asociación Nacional de Procesadores de Cítricos, en el taller organizado por el IICA para comentar los resultados del presente estudio, se plantean las siguientes recomendaciones:

Acciones a implementar por la SAGARPA y gobiernos estatales

1. Que la SAGARPA, a través del SENASICA u otra dependencia que le corresponda, otorgue el apoyo técnico y financiero necesario para la logística y ejecución de actividades de exploración, muestreo y diagnóstico del HLB y su vector en sitios estratégicos, para la detección oportuna de esta enfermedad, así como para el correspondiente manejo fitosanitario en zonas urbanas.



2. Que SENASICA y la Subsecretaría de Agricultura, con el apoyo de los Sistemas Producto y Consejos Estatales de Productores, diseñen y pongan en marcha a la brevedad, un programa de capacitación y divulgación intensiva en reconocimiento de síntomas y otras acciones que deben realizarse para enfrentar al HLB y su vector, a fin de que los productores y viveristas se concienticen del problema y participen en las actividades que les corresponde.
3. Que el SENASICA ponga en marcha un sólido esquema de vigilancia epidemiológica, que opere a nivel nacional y regional para el HLB y su vector, difundiénolo de manera clara y rápida a todos los involucrados, a fin de que cooperen en las actividades que les compete.
4. Fortalecer, y dar a conocer a los involucrados, el programa regional preventivo y/o control contra el HLB, entre México, EUA y Centroamérica.
5. Desarrollar y poner en marcha un sistema automatizado de información, con datos históricos y actualizados permanentemente, relativos al clima, medio físico, hospedantes, manejo agronómico, organismos benéficos y dañinos, controles y detecciones inter-estatales y en puertos de entrada, padrón de productores y viveristas, etc., que genere información útil para toma de decisiones a todos los integrantes de la cadena citrícola nacional.
6. Que el SENASICA continúe normando y dirigiendo la sanidad de los cultivos citrícolos del país, fortaleciendo las acciones relativas a la prevención y control del HLB, y que monitoree la certificación del personal que certifica la sanidad de los productos en los puntos de verificación fitosanitaria.
7. Concientizar a los diputados del grave riesgo que representa el HLB al país, para que autoricen al SENASICA un mayor presupuesto de los \$150 millones que hoy le asignan. De acuerdo a las necesidades de coordinación y realización de las actividades requeridas en la prevención y control del HLB y su vector, el presupuesto del SENASICA debería andar alrededor de los \$400 millones en 2011.
8. Que la SAGARPA organice reuniones periódicas como la del taller organizado por el IICA para intercambiar ideas sobre los resultados del estudio "Evaluación de los Impactos Económicos de la Enfermedad de los Cítricos HLB en la Cadena Citrícola Mexicana", para crear foros de análisis y actualización de información entre los involucrados en el tema del HLB.

Involucramiento de todos los actores de la cadena citrícola nacional

9. Involucrar a los directamente relacionados con los potenciales impactos negativos del HLB, en la prevención y control de esta enfermedad; por ejemplo, autoridades federales (SENASICA, INIFAP, FIRCO, SUBSECRETARIA DE AGRICULTURA, FINANCIERA RURAL, etc.); gobiernos estatales; sistemas producto; organizaciones de productores, industrializadores y comercializadores de cítricos; viveristas; fabricantes de agroquímicos y fertilizantes, etc.





10. Que se establezcan convenios de colaboración entre los distintos participantes de la cadena cítrica nacional (como asociaciones de productores, viveristas y de agroindustriales) para la ejecución de acciones de prevención, regulación y control contra el HLB. Si cada eslabón de la cadena hace lo que le corresponde, habrá logros en la prevención y control de esta temida enfermedad.
11. Que los productores y viveristas ejecuten en sus propias huertas e instalaciones las actividades de exploración, muestreo y diagnóstico del HLB y su vector, para la detección oportuna de esta enfermedad, así como las de manejo fitosanitario correspondientes; estableciendo sanciones a quienes no cumplan con la norma respectiva.
12. Para tener éxito contra el HLB y su vector en México, considerado el complejo más peligroso para los cítricos en el mundo, es fundamental que todos los eslabones de la cadena agroalimentaria de los cítricos -agremiados en los Sistemas Producto Cítricos dulces, Limón Mexicano y Limón Persa- participen de manera coordinada y regional en la estrategia propuesta por el SENASICA, la cual incluye:
 - cuarentena de zonas con presencia de HLB,
 - exploración para detección de síntomas,
 - muestreo de plantas y del insecto vector,
 - diagnóstico oportuno de muestras para la detección rápida de la enfermedad,
 - eliminación de árboles infectados de HLB en todo tipo de huerta,
 - control del vector en cítricos de huertas comerciales y traspatios,
 - manejo del vector en limonaria (*Murraya paniculata*) y/o eliminación de la planta,
 - instalación de malla antiáfidos en instalaciones de los viveros certificados, asegurando la producción de los patrones apropiados,
 - medidas de supervisión y control a los viveros libres (no certificados) e irregulares,
 - fortalecimiento del control legal mediante una estricta certificación en los puntos de verificación fitosanitaria para la detección oportuna del HLB en frutales hospedantes nacionales e importados movilizados de un estado a otro.
 - realización de divulgación y capacitación a productores, viveristas y agroindustriales.



13. Actualizar el padrón de productores (diferenciando a los comerciales de los del sector social), industrializadores y comercializadores de cítricos para saber con exactitud quiénes son y en dónde están. Con esto podría identificarse a las posibles empresas fantasma que estuvieran introduciendo cítricos al país de manera clandestina.

Realización de estudios y/o investigaciones por equipos interdisciplinarios, para toma de decisiones y redireccionamiento de estrategias

14. Desarrollar un estudio que permita identificar y evaluar posibles fuentes de financiamiento para llevar a cabo las actividades requeridas de prevención y control del HLB y su vector.



15. Diseñar y realizar una encuesta a productores, viveristas y empresas agroindustriales de cítricos para determinar, con base en ciertas medidas propuestas por el SENASICA, el mecanismo mediante el cual participarían en la prevención y control del HLB.
16. Desarrollar estudios por región productiva de especies citrícolas del país, que permitan la estimación de impactos económicos más precisos, agregando al modelo productivo-epidemiológico variables como “edad de las huertas” y “densidad por hectárea”, en donde esté disponible la información.
17. Que el INIFAP:
 - Realice un recuento de las distintas actividades que se están realizando en México (tanto por dependencias federales y estatales como por universidades y centros de investigación) sobre prevención y manejo, desarrollo tecnológico e investigación relativa al HLB, a fin de evitar dispersión y duplicidad de acciones, así como desperdicio de recursos.
 - Establezca esquemas de colaboración con otros países para el intercambio de información sobre experiencias de manejo, desarrollos tecnológicos y de investigación con respecto al HLB.
18. Que el INIFAP investigue:
 - Los beneficios agronómicos de incrementar la densidad de árboles de cítricos agrios por hectárea, para contrarrestar la potencial reducción de la producción que traerá consigo el HLB.
 - Sobre variedades y patrones de cítricos resistentes al HLB en cada región del país, así como sobre el posible control biológico del vector.
 - El paquete técnico a seguir ahora, en el mediano y largo plazo, en el manejo de plantaciones donde se han identificado focos de HLB.
 - Sobre las diversas formas de dispersión del HLB; por ejemplo, mediante el posible traslado de ninfas de psílidos infectados por la bacteria en la ropa, semillas, equipo de cosecha, etc.
 - Sobre el tamaño de la muestra para plantas asintomáticas, validando la información o resultados obtenidos en otros países.
 - La posible reconversión de tierras citrícolas al cultivo de otros productos, tomando en cuenta las características agroclimáticas de las distintas regiones del país y las condiciones de demanda de los productos.
 - Sobre la generación del genoma del limón persa, con la resistencia e inocuidad al HLB.
 - El posible cultivo de nuevas plantaciones de cítricos en altitudes mayores; como entre 500 y 700 msnm.
 - El manejo óptimo de viveros de micro y macro propagación, registro y trazabilidad de cada una de las plantas, así como de un semillero protegido.
 - Sobre el efecto que podría traer el HLB en la calidad de las distintas especies y variedades de cítricos y, por tanto, en el porcentaje de jugo, la concentración de azúcares y la acidez.
 - Sobre el impacto ambiental y la calidad de los cítricos a procesar (ej. jugos y aceites esenciales) con respecto a los posibles residuos tóxicos que conservarían por el control químico adicional que se llevará a cabo dentro del manejo del HLB, tomando en cuenta los del cuadro básico de plagicidas que se aplica a los cultivos citrícolas.





19. La SAGARPA inició en 2001 el Programa Nacional de Reversión Productiva de la Cadena Citrícola con el fin de transformarla hacia una actividad moderna, eficiente y altamente competitiva; a nueve años de iniciado este programa, evaluar sus logros y fallas en las diferentes regiones productoras del país (se dice que en algunos estados no ha funcionado) a fin de actualizar los planes rectores y fortalecer o redireccionar las estrategias actuales.
20. Poner en marcha un comité de seguimiento que evalúe el Programa Nacional de Reversión Productiva de la Cadena Citrícola.
21. Evaluar las políticas de apoyo de la SAGARPA a los Sistemas Producto Cítricos dulces, Limón Mexicano y Limón Persa, en cuanto a los beneficios económicos generados a las distintas etapas de la cadena citrícola nacional, con el fin de priorizar la posible orientación de los recursos hacia aspectos fitosanitarios.
22. Realizar estudios de mercado, tanto nacional como internacional, para evaluar los impactos económicos que puede generar el HLB en los costos de producción de los citricultores, precios de los productos frescos y procesados en el mercado nacional y externo, consumo nacional, competencia de los productos de otros países y oportunidades potenciales para los productos mexicanos en otros mercados.



EVALUACION DEL IMPACTO ECONOMICO DE HUANGLONGBING (HLB) EN LA CADENA CITRICOLO MEXICANA	
I. INTRODUCCIÓN	21
II. ANTECEDENTES DEL HLB	25
II.1. Detección de la enfermedad HLB	26
II.2. Progreso espacio-temporal de la infección	27
II.3. Tasas de incidencia	28
II.4. Distribución temporal	30
II.5. Distribución Espacial	35
II.6. Comportamiento de las poblaciones del vector <i>Diaphorina citri</i>	36
II.7. Manejo de la enfermedad HLB	40
III. IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD CITRICOLO MEXICANA	43
IV. METODOLOGIA	51
IV.1. El análisis productivo-epidemiológico	52
IV.2. El análisis de la etapa agroindustrial	53
IV.3. El análisis de la economía en su conjunto	54
V. ANALISIS EPIDEMIOLOGICO DEL IMPACTO DEL HLB EN EL SECTOR PRIMARIO DE LOS CITRICOS MEXICANOS	57
V.1. Metodología	58
V.1.1. La matriz productiva-epidemiológica y los escenarios planteados	58
V.1.2. Variables seleccionadas	60
V.1.3. Estimación estadística de los escenarios de riesgo	64
V.2. Resultados del análisis de impacto del HLB	64
V.2.1. Escenario 1	64
V.2.2. Escenario 2	69
V.2.3. Variables consideradas	69
V.2.4. Categorización del riesgo epidémico.	72
V.2.5. Estimación de pérdidas de producción bajo un criterio epidémico	74
V.2.6. El modelo de temporalidad	75
V.2.7. La cuantificación de pérdidas de producción bajo los escenarios de riesgo establecidos	76
VI. EVALUACION DE LOS IMPACTOS ECONOMICOS DEL HLB EN LA INDUSTRIA CITRÍCOLA MEXICANA	79
VI.1. Metodología	80
VI.1.1. Características de la agroindustria cítrica nacional	80
VI.1.2. Información requerida	82
VI.1.3. Definición del cuestionario	82
VI.1.4. Diseño del muestreo estadístico	82
VI.1.5. Aplicación del cuestionario e información capturada	84





VI.2. Producción y destino de los cítricos	85
VI.3. Mercado de los cítricos y sus derivados	86
VI.4. Los procesos agroindustriales	87
VI.4.1. La clasificación de actividades industriales involucradas	89
VI.4.2. Los procesos de acondicionamiento	89
VI.5. Generación de indicadores técnicos y evaluación de impactos	90
VI.5.1. Indicadores técnicos asociados a la estructura de los costos de producción y valor de los productos	90
VI.5.2. Evaluación de impactos	93
VII. ANALISIS DE LOS IMPACTOS DEL HLB SOBRE LA ECONOMIA MEXICANA EN SU CONJUNTO	101
VII.1. Metodología	102
VII.1.1. Estructura de la base de datos y flujo de información	102
VII.1.2. Generación de multiplicadores	105
VII.1.3. Supuestos	106
VII.2. Resultados	106
VII.2.1. Resultados agregados	107
VII.2.2. Resultados desagregados	108
VIII. ANALISIS COMPARATIVO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O DE CONTROL CONTRA EL HLB EN MEXICO Y EN OTROS PAISES	111
VIII.1. Acciones ejecutadas dentro de la normatividad mexicana	113
VIII.2. Comparativo de acciones tomadas en México y en otros países para combatir el riesgo de HLB	116
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
IX.1. Conclusiones	126
IX.2. Recomendaciones	131
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135



Cuadro II.1	Tasas epidemiológicas de algunos países	28
Cuadro II.2	Tasas de infección de HLB en cítricos tratados y no tratados con insecticidas	31
Cuadro III.1	Producción y porcentajes de proceso de la producción para varios países	45
Cuadro III.2	Producción de cítricos en México	46
Cuadro III.3	Exportaciones mexicanas de cítricos frescos	47
Cuadro III.4	Exportaciones mexicanas de limón fresco y procesado	49
Cuadro V.1	Escala por grupo de cítricos.	61
Cuadro V.2	Valores usados para las variables de interés	62
Cuadro V.3	Pérdidas potenciales de producción estimadas debido al impacto del HLB en naranja y toronja en los estados	67
Cuadro V.4	Pérdidas potenciales de producción en los estados debido al impacto del HLB en limón agrio/mexicano y limón persa	68
Cuadro V.5	Pérdidas potenciales de producción por especie cítrica asumiendo el ingreso y establecimiento de <i>C. Liberibacter</i> en el territorio mexicano	69
Cuadro V.6.	Pérdidas potenciales de producción promedio de cinco especies cítricas frente al HLB	78
Cuadro V.7.	Pérdidas potenciales de producción por especie cítrica	78
Cuadro VI.1	Estratos utilizados en el muestreo probabilístico	83
Cuadro VI.2	Tamaño de la muestra por estrato	84
Cuadro VI.3	Producción y destino de los cítricos dulces en 2008	85
Cuadro VI.4	Producción y destino de los cítricos agrios en 2008	86
Cuadro VI.5	Empacadoras e industrializadoras de cítricos en México	88
Cuadro VI.6	Pérdidas potenciales de la materia prima para evaluar los impactos en la agroindustria	93
Cuadro VI.7	Pérdidas de ingresos, generación de divisas y empleo en la agroindustria nacional a 3 años de establecido el HLB	94
Cuadro VI.8	Impacto del HLB en la subutilización de la capacidad instalada de la agroindustria cítrica mexicana	95
Cuadro VI.9	Valor de las pérdidas totales en la agroindustria de cítricos	100
Cuadro VII.1	Pérdidas en el volumen y valor de la producción de cítricos bajo diferentes niveles de riesgo en tres horizontes de tiempo	104
Cuadro VII.2	Base de empleo generada del análisis	107
Cuadro VII.3	Pérdida de empleos de tiempo completo	108
Cuadro VII.4	Impacto en producción de los principales sectores, por efectos indirectos (miles de pesos de 2008)	109
Cuadro VII.5	Impacto en empleo de los principales sectores, por efectos indirectos	109
Cuadro VII.6	Impacto en salarios de los principales sectores, por efectos indirectos (1000 pesos de 2008)	110
Cuadro VIII.1	Acciones coordinadas por SENASICA-DGSV contra <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. en México	115
Cuadro VIII.2	Actividades complementarias para contrarrestar la enfermedad del HLB	116
Cuadro VIII.3	Acciones contra el HLB emitidas por otros países	118
Cuadro VIII.4	Tasas epidémicas de HLB en distintos países bajo diferentes esquemas de manejo	119
Cuadro VIII.5	Especificaciones para determinar una huerta centinela	121
Cuadro VIII.6	Primeras detecciones del vector (<i>Diaphorina citri</i>) de <i>Candidatus Liberibacter</i> spp. en países de interés para fines de epidemiología comparativa	122



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1	Muestras positivas por edad del árbol	26
Figura II.2	Muestras positivas por variedad de cítricos	27
Figura II.3	Porcentajes de incidencia de HLB en municipios de Brasil	27
Figura II.4	Patrón de dispersión del HLB en un huerto con plántulas de mandarina Ponkan no infectadas, creciendo en un área con enfermedad durante un año	29
Figura II.5	Dispersión espacio-temporal del HLB en una plantación joven de naranja Hamlin en Brasil	29
Figura II.6	Porcentajes de plantas infectadas con HLB	30
Figura II.7	Condados productores de cítricos e infectados con HLB en el estado de Florida	31
Figura II.8	Tasa de muestras positivas infectadas con HLB por mes	32
Figura II.9	Progreso de la infección con HLB en huertas de cítricos de hasta cinco años de edad	33
Figura II.10	Curvas de progreso de la incidencia del HLB clasificadas por la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma	33
Figura II.11	Curvas de la severidad del HLB clasificadas de acuerdo a la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma	34
Figura II.12	Proporciones de infección con HLB en plantaciones jóvenes de cítricos en Cuba	34
Figura II.13	Evolución espacial de árboles infectados con HLB en dos bloques contiguos de árboles que fueron evaluados cinco veces	35
Figura II.14	Fluctuaciones estacionales de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de naranja Valencia y Marrs en Nuevo León, Mexico	36
Figura II.15	Captura de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de limón persa y toronja rio-red en Michoacán	37
Figura II.16	Detección de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de naranja valencia en Yucatán	37
Figura II.17	Presencia de <i>Diaphorina citri</i> en cuatro tipos de cítricos cultivados en Nuevo León	38
Figura II.18	Infestación y brotes vegetativos de <i>Diaphorina citri</i> en cultivos de naranja de Nuevo León	38
Figura II.19	Infestación y brotes vegetativos de <i>Diaphorina citri</i> en cultivos de mandarina Dancy de Nuevo León	39
Figura II.20	Presencia de <i>Diaphorina citri</i> en árboles de naranja Valencia con brotación vegetativa intensa en Nuevo León	39
Figura II.21	Progreso de la erradicación de árboles con HLB en Sao Paulo, Brasil	40
Figura III.1	Producción de cítricos en el mundo	44
Figura III.2	Producción nacional de cítricos 1/	47
Figura III.3	Destino del limón mexicano procedente de la zona del Pacífico	48
Figura III.4	Valor de las exportaciones mexicanas de cítricos y sus derivados	49
Figura III.5	Importancia relativa de la agregación de valor en empaque, manejo y comercio de cítricos	50
Figura III.6	Exportación de jugo de cítricos mexicanos	50
Figura IV.1	Metodología seguida en la estimación de escenarios de riesgo en la actividad citrícola primaria	52
Figura IV.2	Metodología seguida en la estimación de impactos en el sector agroindustrial	54
Figura IV.3	Metodología para evaluar los impactos del HLB a la economía mexicana	55
Figura V.1	Proceso para estimar escenarios de riesgo de pérdidas en el sector citrícola primario como consecuencia del HLB	59





Figura V.2	Pérdida de peso y de grados brix por fruto bajo condiciones sintomática y asintomática	61
Figura V.3	Procedimiento multivariado general aplicado para el análisis estadístico de los escenarios productivo y epidémico del impacto del HLB en la citricultura mexicana	64
Figura V.4	Agrupación por exploración gráfica de entidades federativas (siglas alfanumérica) en impacto alto, medio y bajo con respecto al efecto potencial del HLB en la producción del sector primario de cítricos definidas por los factores 1 y 2 de un análisis de componentes principales	66
Figura V.5	Agrupación de los estados productores de cítricos (siglas alfanumérica) bajo niveles de riesgo epidémico con respecto al HLB, definidos por los factores 1 y 2 del análisis de componentes principales	73
Figura V.6	Progreso epidémico del HLB a nivel regional	76
Figura VI.1	Metodología seguida en la cuantificación de impactos a la agroindustria.	81
Figura VI.2	Comportamiento del valor de las exportaciones de cítricos y sus derivados	86
Figura VI.3	Márgenes de comercialización en el mercado nacional en 2008	87
Figura VI.4	Estructura de costos de producción y valor de los cítricos agrios empacados en 2008	91
Figura VI.5	Estructura de costos de producción y valor de los productos cítricos agrios procesados en 2008	91
Figura VI.6	Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces acondicionados en 2008	92
Figura VI.7	Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces procesados en 2008	93
Figura VI.8	Impacto en los volúmenes de cítricos agrios a procesar a 5 años de establecido el HLB	94
Figura VI.9	Impacto en los volúmenes de cítricos dulces a procesar a 5 años de establecido el HLB	96
Figura VI.10	Efectos en el empleo directo de las agroindustrias a 5 años de establecido el HLB	97
Figura VI.11	Efecto en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos agrios a 5 años de establecido el HLB	97
Figura VI.12	Efecto en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos dulces a 5 años de establecido el HLB	98
Figura VI.13	Efecto en la generación de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados a 5 años de establecido el HLB	99
Figura VI.14	Pérdida de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados, agrios y dulces, a 5 años de establecido el HLB	99
Figura VII.1	Metodología para la estimación de los impactos en la economía Mexicana	103
Figura VII.2	Flujo de información	105
Figura VIII.1	Instancias y dependencias involucradas en el desarrollo, evaluación y fortalecimiento de estrategias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB	112
Figura VIII.2	Ambitos de acción de la norma NOM-EM-047-FITO-2009 para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB	113
Figura VIII.3	Acciones fitosanitarias para delimitar y controlar un foco de infección de HLB	114
Figura VIII.4	Progreso del HLB en Brasil bajo escenarios con y sin control de la enfermedad	119
Figura VIII.5	Progreso del HLB en Taiwán, con mandarina, bajo escenarios con y sin control	120



I

INTRODUCCIÓN

En Julio de 2009 se detectaron los primeros brotes de la enfermedad Huaglongbing (HLB, también conocida como Greening o enverdecimiento de los cítricos) en la península de Yucatán, la cual causa severas pérdidas a las huertas infectadas de naranja, limón, toronja y mandarina, porque los árboles pueden morir en un periodo de 3 a 8 años, requiriéndose medidas de prevención y control inmediatas contra la enfermedad y su vector. El HLB se considera la más devastadora para los cítricos del mundo, muy superior a la "Tristeza de los cítricos" (INCA Rural/ITESM, 2007), no existiendo a la fecha un método de control para esta enfermedad; el único tratamiento consiste en eliminar los árboles infectados y controlar al vector (CNAS, 2007), básicamente suprimiéndolo con insecticidas (Sparks, 2008), así como manejar a su hospedero preferido ("limonaria"). De acuerdo con Sparks, una plantación de cítricos en la que se identifique un 5% de infección de HLB, la infestación puede avanzar a 20%, 40% y 80% en un periodo de cuatro años, y la diseminación de esta enfermedad en Florida está poniendo en riesgo los 9.3 billones de dólares que representa la industria de ese estado y los 76,000 empleos dependientes de ella y de las empresas relacionadas.

El HLB es ocasionado por la bacteria *Candidatus Liberibacter spp*, la cual es transmitida por insectos vectores; las variantes asiática y americana son diseminadas por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), el cual se encuentra ampliamente distribuido en México. Hasta el año 2004 el HLB se consideraba restringido a los continentes asiático y africano, en donde había sido identificado desde finales del siglo XIX y principio del XX; sin embargo, en Febrero de ese año se detectó en Brasil (Sao Paulo), en 2005 en Estados Unidos (Miami, Florida), en 2007 en Cuba (INCA Rural/ITESM, 2007), en 2008 en la República Dominicana, y en 2009 en Belice y México. En territorio nacional, en los municipios de Tizimín, Rio Lagartos y Mochochá de Yucatán, y Lázaro Cárdenas de Quintana Roo (Trujillo, 2009) en Julio-Agosto de 2009; meses después en los estados de Campeche, Jalisco, Nayarit y Colima.

La presencia del HLB en el país pone en grave riesgo a la cadena citrícola mexicana, porque de ella dependen 69 mil productores y 154 mil empleos directos, de acuerdo con la Subsecretaría de Agricultura de la SAGARPA (2009). También están en riesgo 549 mil hectáreas sembradas de cítricos, alrededor de 60 viveros certificados y en trámite de certificación, 138 empacadoras, 110 enceradoras, 22 plantas jugueras, y 5 gajeras. El cultivo de cítricos absorbe el 40% de la superficie nacional sembrada de frutales y se presenta de manera representativa en 23 estados de la República Mexicana, aunque en 6 se concentra el 75% de la superficie cultivada.

El 30 de Agosto de 2007, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Oficina de Representación en México, firmaron el Acuerdo General de Cooperación Técnica y de Gestión de proyectos para apoyar, fomentar y fortalecer la realización de programas y actividades en materia de desarrollo agropecuario y rural, sanidad, inocuidad y calidad, durante cinco años. Dentro de las disposiciones de dicho acuerdo, la SAGARPA, a través de su órgano desconcentrado, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) han venido suscribiendo programas operativos relacionados con sanidad; es en este contexto y ante la preocupación que representa la entrada del HLB a México, que el IICA y SENASICA acordaron llevar a cabo una evaluación de los impactos económicos de esta enfermedad en la industria citrícola mexicana.



El objetivo principal de este estudio fue evaluar las pérdidas económicas que traería consigo la enfermedad de los cítricos HLB a México, en todos los eslabones de esta cadena agroalimentaria, de no tomarse alguna medida de control al respecto y, en particular, realizar un análisis comparativo de las medidas preventivas o de control que está ejecutando México contra el HLB, versus las ejecutadas por otros países que han enfrentado el mismo riesgo. El estudio fue realizado por un grupo interdisciplinario de especialistas nacionales e internacionales.

La estructura del presente estudio incluye, en el primer capítulo una introducción al tema; en el segundo, se presentan los antecedentes sobre la enfermedad HLB; en el tercero, la importancia que representa la actividad citrícola para México; y en el cuarto se aborda la metodología utilizada en la evaluación. En el apartado quinto, sexto y séptimo se analizan los riesgos que traería la presencia del HLB a la producción citrícola primaria, a la agroindustria y a la cadena citrícola en su conjunto y empresas relacionadas, de no tomarse acciones al respecto. El capítulo octavo aborda un análisis comparativo de las medidas preventivas que está implementando México contra el HLB, versus las ejecutadas por otros países que han enfrentado el mismo riesgo. En el capítulo noveno se presentan las conclusiones de la evaluación sobre los impactos del HLB, con base a las cuales se proponen las recomendaciones correspondientes. Finalmente, en el apartado décimo se integra la bibliografía consultada.



II

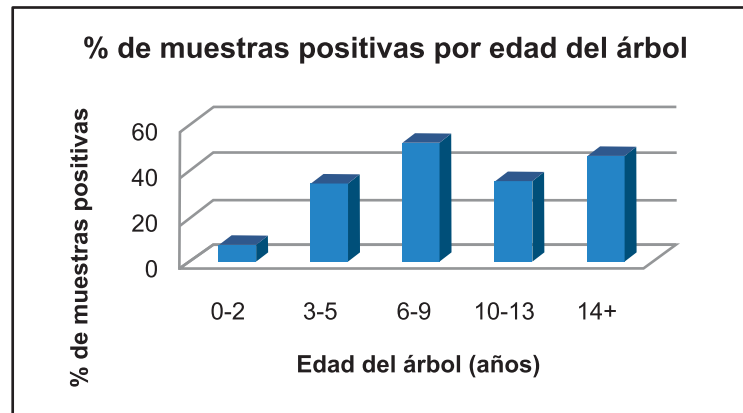
ANTECEDENTES DEL HLB

II.1. Detección de la enfermedad HLB

La detección de árboles infectados en campo con HLB se realiza principalmente mediante la inspección visual para identificar síntomas visibles, y generalmente se usan métodos como: el biológico (biological indexing), la microscopía de luz o electrones, las reacciones en cadena de la polimerasa (PCR), el análisis de PCR en tiempo real, y la amplificación isotermal regulada. Sin embargo, ningún método es infalible debido a que la detección de un árbol enfermo se complica por la baja concentración y no homogeneidad de la bacteria (causante de la enfermedad) en los fluidos del árbol infectado. Los métodos más efectivos y de amplio uso son el de PCR en tiempo real y el PCR de tipo cuantitativo en tiempo real (Benyon et. al., 2008).

En la Figura II.1 se muestra el porcentaje de muestras declaradas como positivas de la enfermedad HLB, de acuerdo con la edad de los árboles muestreados, de donde se desprende que el mayor porcentaje de detección ocurrió en árboles de entre seis y nueve años de edad, en Florida, EUA, (Irey, 2009).

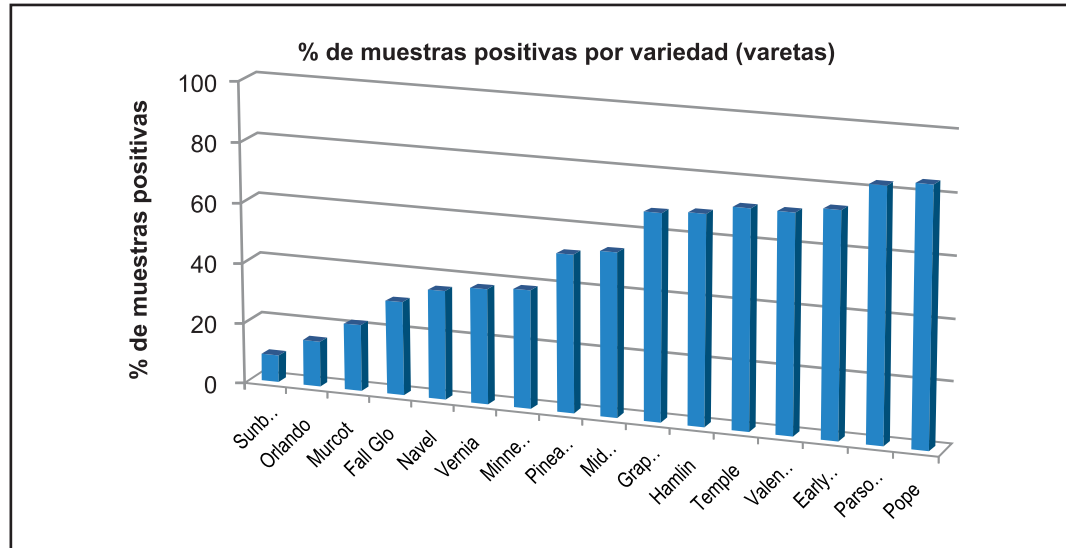
Figura II.1 Muestras positivas por edad del árbol¹



La susceptibilidad de los cítricos al HLB es variable y depende además de la edad del árbol, de la variedad o tipo de cítrico. De acuerdo con la Figura II.2, los cítricos de Florida que generaron más muestras positivas al ensayo de HLB en laboratorio fueron naranja y toronja, mientras que los menos susceptibles fueron las tangerinas (Irey, 2009).

¹ Fuente: Adaptación propia con base en Irey (2009)

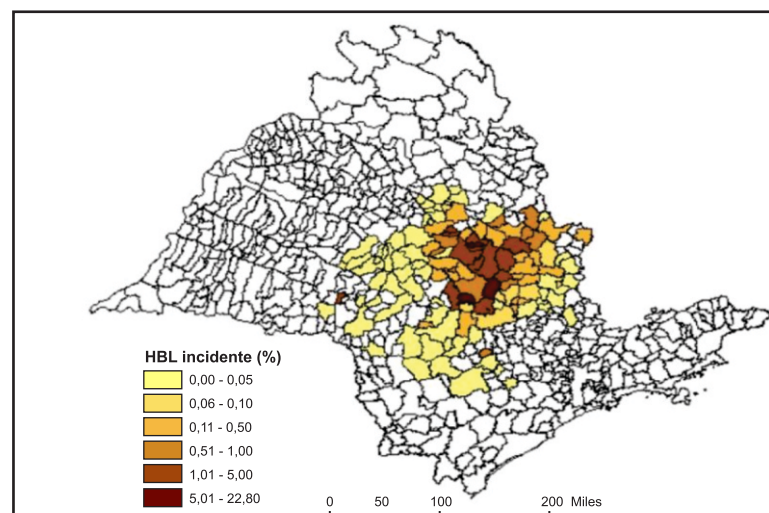
Figura II.2 Muestras positivas por variedad de cítricos



II.2. Progreso espacio-temporal de la infección

De acuerdo con el estudio de Gottwald et. al. (2007), en el desarrollo espacio-temporal de la infección con HLB en 123 municipios de Brasil, hasta marzo de 2007, las tasas de incidencia fueron relativamente bajas, no excediendo 23% (figura II.3). Los datos que sirvieron de base en esta detección fueron tomados de la campaña oficial de erradicación del HLB de Brasil.

Figura II.3 Porcentajes de incidencia de HLB en municipios de Brasil



II.3. Tasas de incidencia

No existen estudios en México que proporcionen información acerca de las tasas epidemiológicas del HLB en cultivos de cítricos, porque a la fecha sólo se han detectado algunos brotes aislados. Sin embargo, otros países en donde la enfermedad entró con anterioridad, han monitoreado, aunque en extensión espacio-temporal limitada, el desarrollo de tal enfermedad. El Cuadro II.1 muestra tasas epidemiológicas detectadas por algunos investigadores en huertas de Indonesia, Taiwán y Brasil, en donde se observa que las tasas de infección varían entre el 17 y 90% dependiendo de la variedad (alcanzándose la más alta en mandarina de la Isla de Bali, Indonesia, a un periodo de cinco años, sin estar referidas al mismo periodo de tiempo).

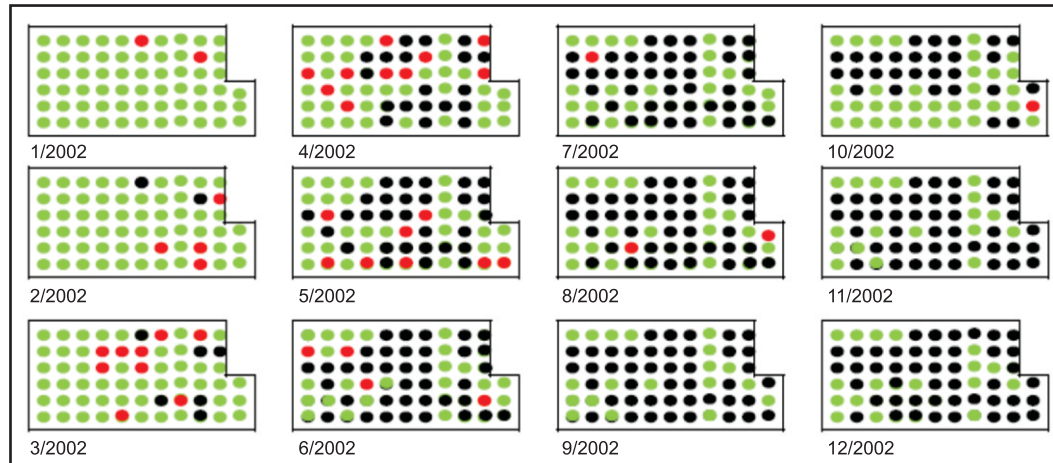
Cuadro II.1 Tasas epidemiológicas de algunos países

País	Cultivo	Tasa de infección	Periodo de tiempo	Referencia
Indonesia (Isla de Bali)	Mandarina	40%	2 años	Bove et. al., 2000
		90%	5 años	
Taiwán	Naranja dulce (sin aspersiones de insecticida)	57%	5 años	Hu, 2006
	Naranja dulce (con aspersiones de insecticida)	17%	5 años	
Brasil		27%	9 meses	Gottwald, et. al.,



Por su parte, en las figuras II-4 y II-5 se muestra el desarrollo espacio-temporal de la infección de cítricos con HLB en Taiwán. De acuerdo con la Figura II.4, la dispersión de la infección ocurrió gradualmente, de árboles infectados hacia árboles vecinos sanos.

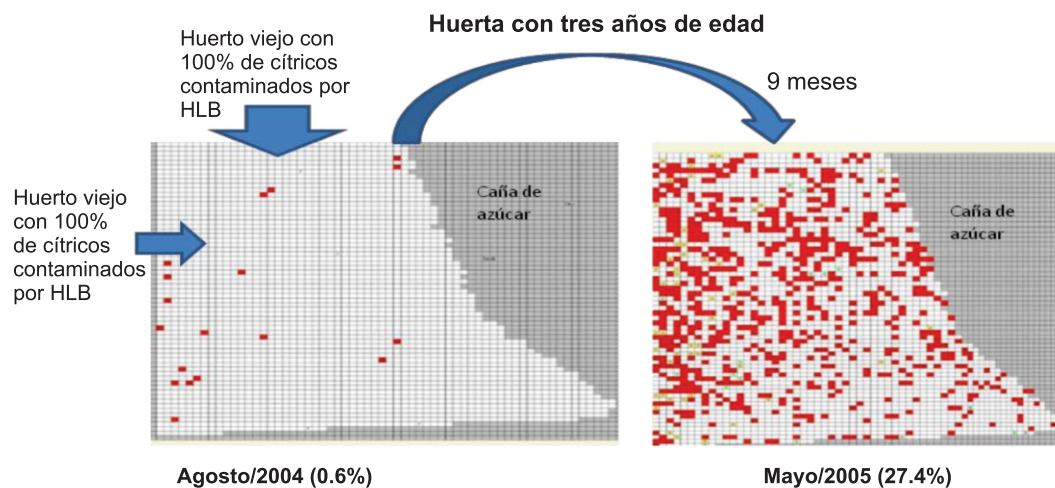
Figura II.4 Patrón de dispersión del HLB en un huerto con plántulas de mandarina Ponkan no infectadas, creciendo en un área con enfermedad durante un año²



Los símbolos ●, ●, y ● indican plantas sanas, ya enfermas, y recién infectadas en el mes actual, respectivamente.

La Figura II.5 muestra la rápida dispersión del HLB en una huerta de naranja Hamlin de Sao Paulo, Brasil, donde se alcanzó una infección mayor al 27% en tan solo nueve meses. Huertos viejos localizados junto a la plantación se encontraban infectados al 100% (el diagnóstico se hizo mediante evaluación visual), sirviendo como fuente de inóculo de la enfermedad. En este caso es claro el efecto de la reserva de inóculo sobre la velocidad y magnitud de la dispersión de la infección.

Figura II.5 Dispersión espacio-temporal del HLB en una plantación joven de naranja Hamlin en Brasil³



Los cuadros blancos representan árboles sanos mientras que los rojos representan árboles infectados.

² Fuente: Adaptación propia a partir de Jung (2006)

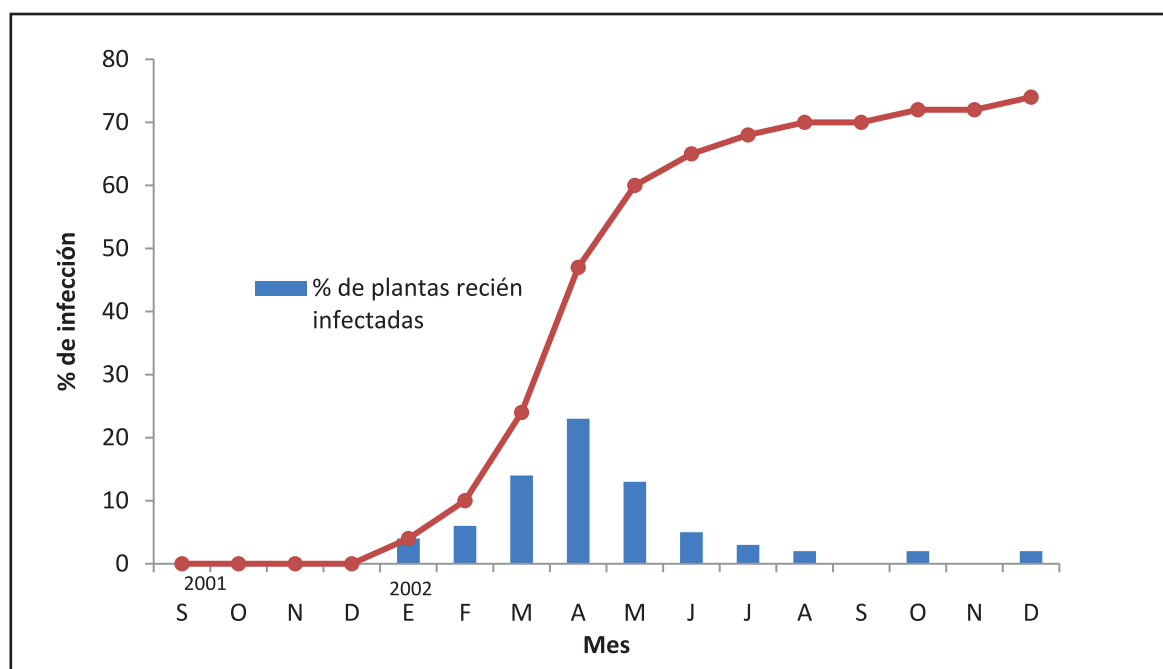
³ Fuente: Adaptación propia con base en Gottwald et. al., (2007)



II.4. Distribución temporal

En general, el patrón de crecimiento de cítricos infectados con HLB es de tipo sigmoideo y muestra que la tasa de crecimiento de la infección inicia lentamente pero conforme pasa el tiempo aumenta rápido para estabilizarse en forma lenta al alcanzar el valor asintótico del 100% de árboles infectados. De acuerdo a Hung (2006), la tasa de 70% de infección de HLB de mandarina Ponkan en huertas de Taiwan se alcanzó en un periodo de dos años, cuando no se efectuaron aspersiones para el control del psílido ni se eliminaron arboles infectados con HLB (Figura II.6), siendo el patrón de árboles infectados de tipo sigmoideo.

Figura II.6 Porcentajes de plantas infectadas con HLB⁴

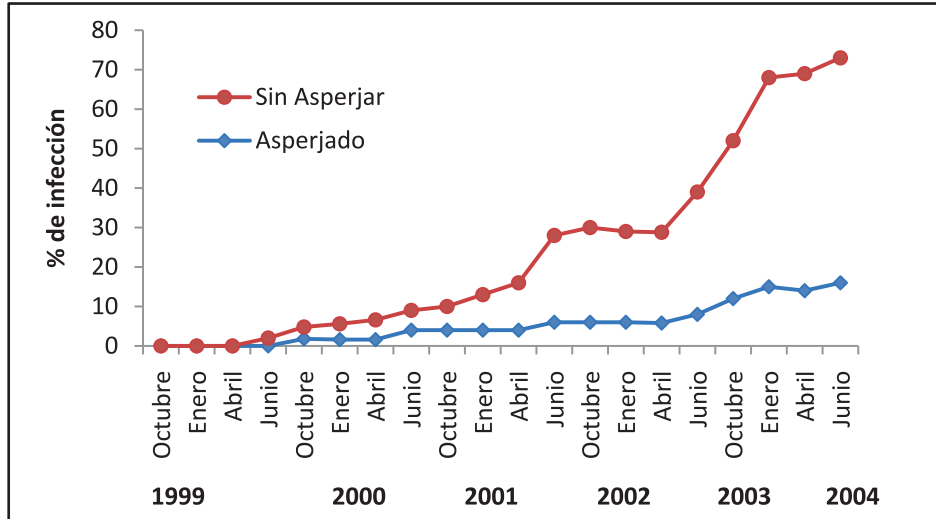


Una tendencia similar aunque menos acentuada, se identificó en cultivos de cítricos del área de Chia-Yi, Taiwán, al evaluar el progreso de la infección (Cuadro II.2), encontrándose una tasa acumulada de infección de 57% en cinco años, en huertas de cítricos no asperjadas, y de 17% en las huertas asperjadas (Hung, 2006).



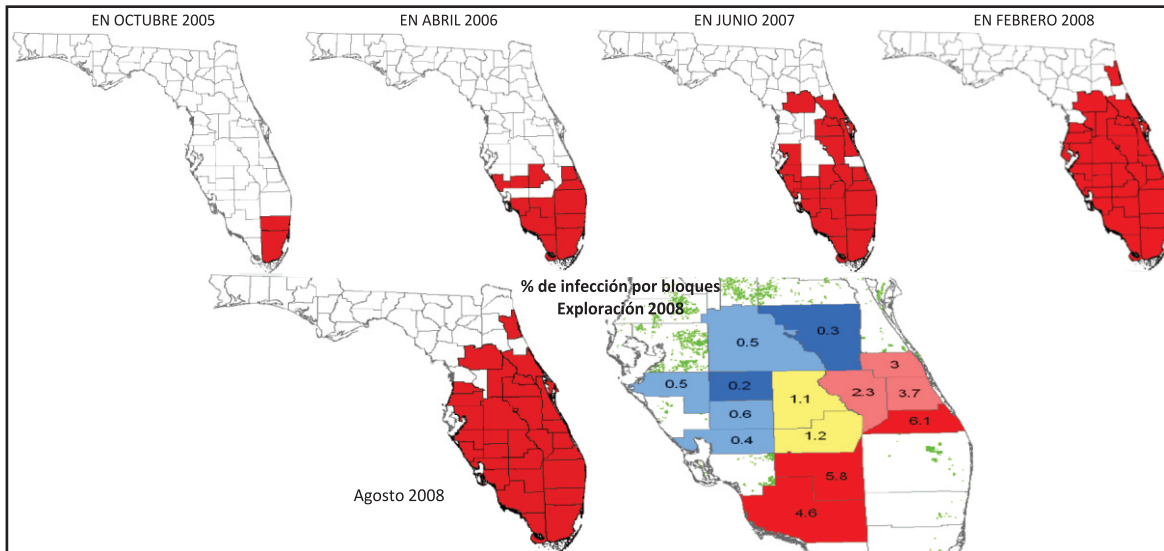
⁴ Fuente: Adaptación propia con base en Hung (2006)

Cuadro II.2 Tasas de infección de HLB en cítricos tratados y no tratados con insecticidas⁵



La Figura II.7 muestra el rápido progreso espacio-temporal del HLB en huertos de cítricos de Florida, observándose que en un periodo menor a tres años, la tasa de condados productores de cítricos (nivel comercial) diagnosticados como infectados con HLB, aumentó de 6% en Octubre de 2005 al 100% en Agosto de 2008.

Figura II.7 Condados productores de cítricos e infectados con HLB en el estado de Florida⁶



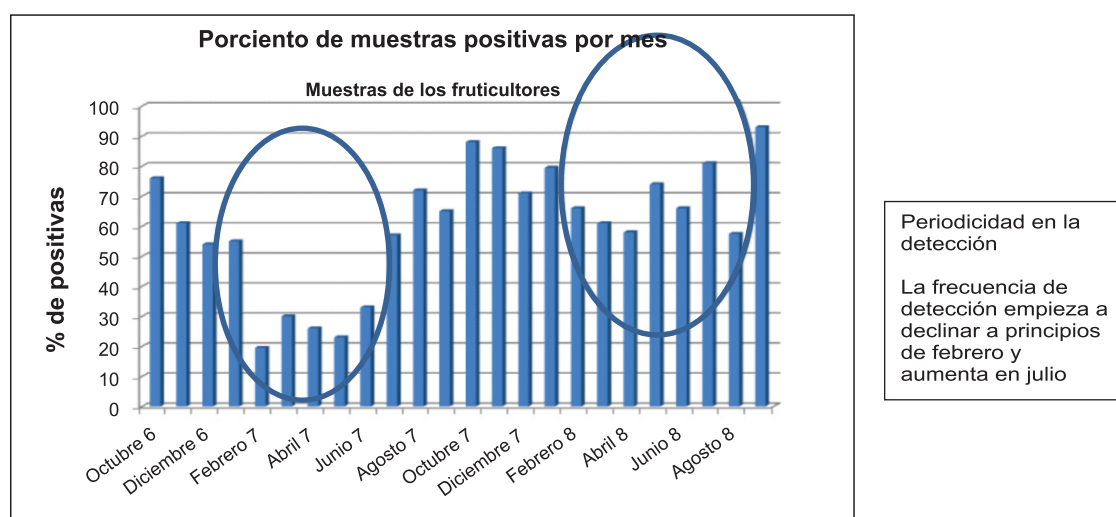
⁵ Fuente: Adaptación propia con base en Hung (2006)

⁶ Fuente: Adaptación propia con base en Irej (2009)



Con respecto al componente temporal y de acuerdo con la Figura II.8, el comportamiento de la infección con HLB es de naturaleza estacional, con tasas más elevadas para muestras infectadas con HLB de Octubre a Diciembre, y más bajas en Abril.

Figura II.8 Tasa de muestras positivas infectadas con HLB por mes⁷



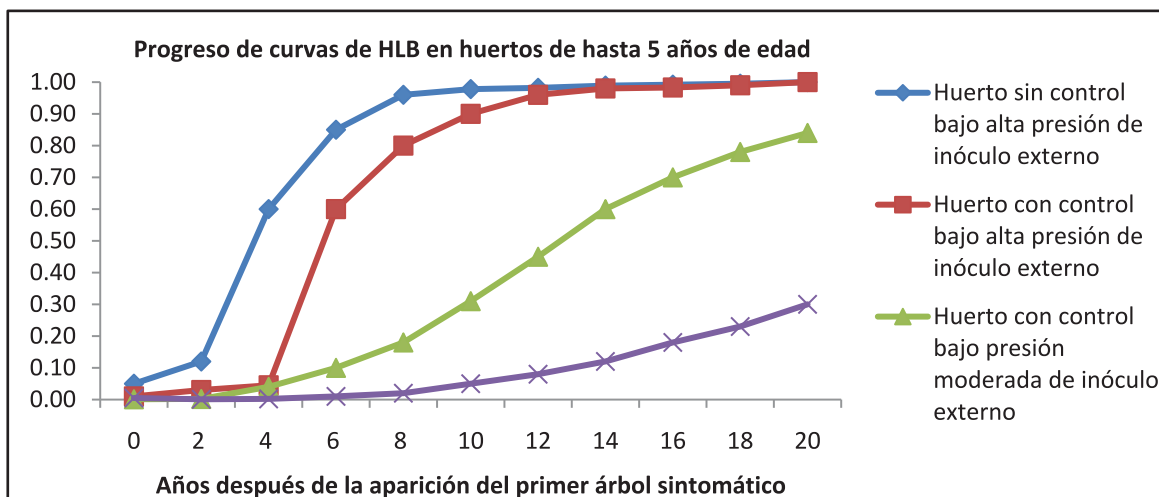
De acuerdo con Bassanezzi y Gottwald (2009), la naturaleza sigmoidea de la infección con HLB se confirma con los resultados mostrados en las siguientes figuras, en donde se observa una tasa de crecimiento rápida asociada a bajas edades de las huertas, un decrecimiento en edades intermedias, y la estabilización de la respuesta observada en edades mayores. La Figura II.9 muestra patrones diferentes de las curvas de infección, asociados a combinaciones de control sobre el huerto y nivel de presión por inóculo de HLB, para huertos con árboles no mayores de cinco años, en Florida. Claramente, la máxima infección ocurrió en huertos donde no se ejerció control y existió una alta presión del inóculo externo, mientras que la mínima se dio en huertos con control y baja presión del inóculo externo.

La Figura II.10 muestra los patrones de progreso de la incidencia (proporción de árboles que muestran los síntomas en función de la edad) para cuatro tipos de árboles caracterizados de acuerdo con la edad en que apareció el primer síntoma de la enfermedad y en donde no se tomó ninguna medida de control en Sao Paulo Brasil (Bassanezzi y Bassanezzi, 2008). Nuevamente, la tasa de incidencia del HLB fue mucho mayor en árboles de 0-2 años de edad, que en los de 3 a 5 años, y estos últimos, a su vez, con incidencia mayor que en árboles de entre 6 y 10 años de edad (la tasa de incidencia más lenta se observa en árboles mayores de 10 años).



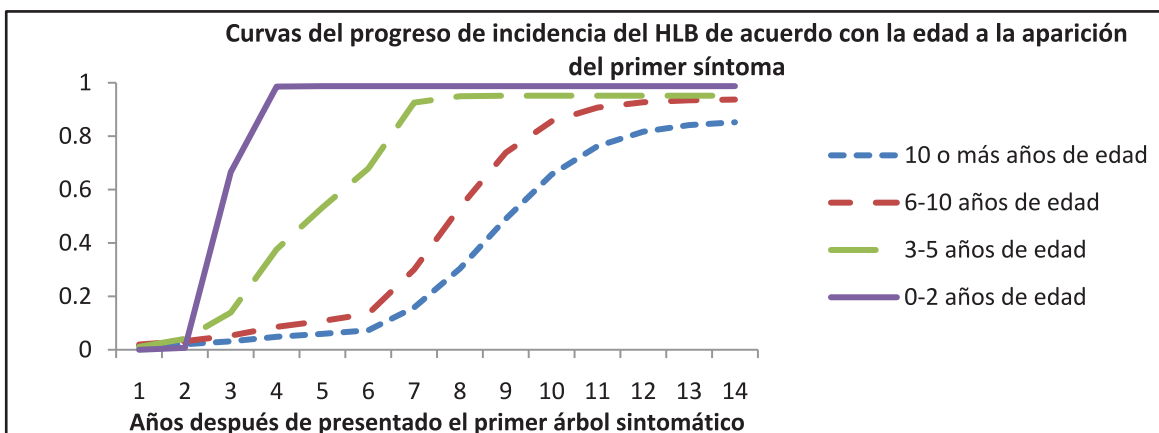
⁷ Fuente: Adaptación propia con base en Irely (2006)

Figura II.9 Progreso de la infección con HLB en huertos de cítricos de hasta cinco años de edad⁸



Como se observa en la Figura II.10, en árboles menores de dos años se alcanza una incidencia de casi 100% en un periodo de tres años, mientras que en huertos con árboles mayores de 10 la tasa de incidencia del 80% se alcanza hasta los doce años. De acuerdo con este patrón, la tasa de infección para árboles menores de dos años es 8 veces más grande que la de árboles infectados cuya edad oscila entre tres y cinco años.

Figura II.10 Curvas de progreso de la incidencia del HLB clasificadas por la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma⁹



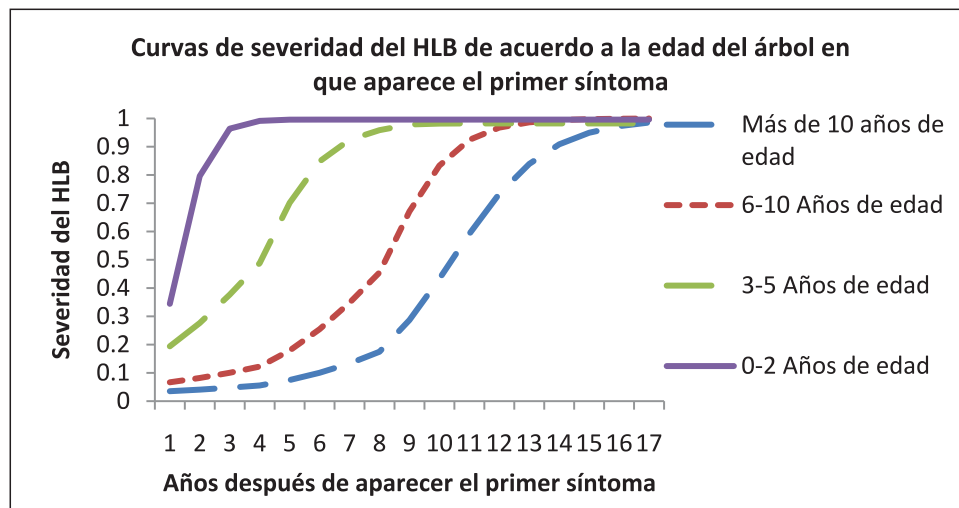
⁸ Fuente: Adaptación propia con base en Bassanezi y Gottwald (2009)

⁹ Fuente: Adaptación propia con base en Bassanezi y Gottwald (2009)



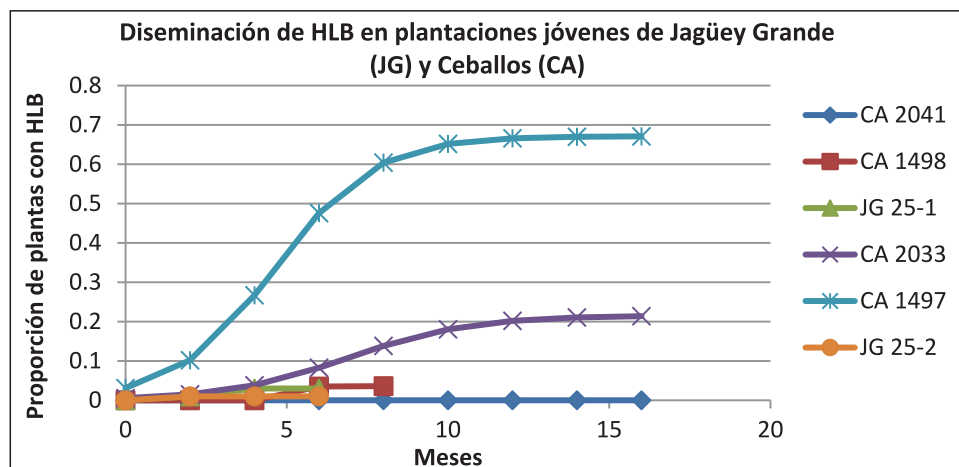
La Figura II.11 muestra que la severidad de infección también es mayor para árboles jóvenes que para árboles viejos, y que las infecciones severas ocurren en mayor proporción en los árboles jóvenes durante periodos de tiempo cortos. La tendencia opuesta se manifiesta en árboles adultos, los cuales muestran infecciones menos severas que ocurren en periodos de tiempo mayores.

Figura II.11 Curvas de la severidad del HLB clasificadas de acuerdo a la edad del árbol a la que aparece el primer síntoma¹⁰



En plantaciones de cítricos en dos localidades de Cuba (Batista, 2009), también se presentaron patrones de infección del tipo sigmoideo, correspondiendo las variaciones a seis cultivos de cítricos jóvenes (Figura II.12).

Figura II.12 Proporciones de infección con HLB en plantaciones jóvenes de cítricos en Cuba¹¹



¹⁰ Fuente: Adaptación propia con base en Bassanezi y Gottwald (2009)

¹¹ Fuente: Adaptación propia con base en Batista (2009)

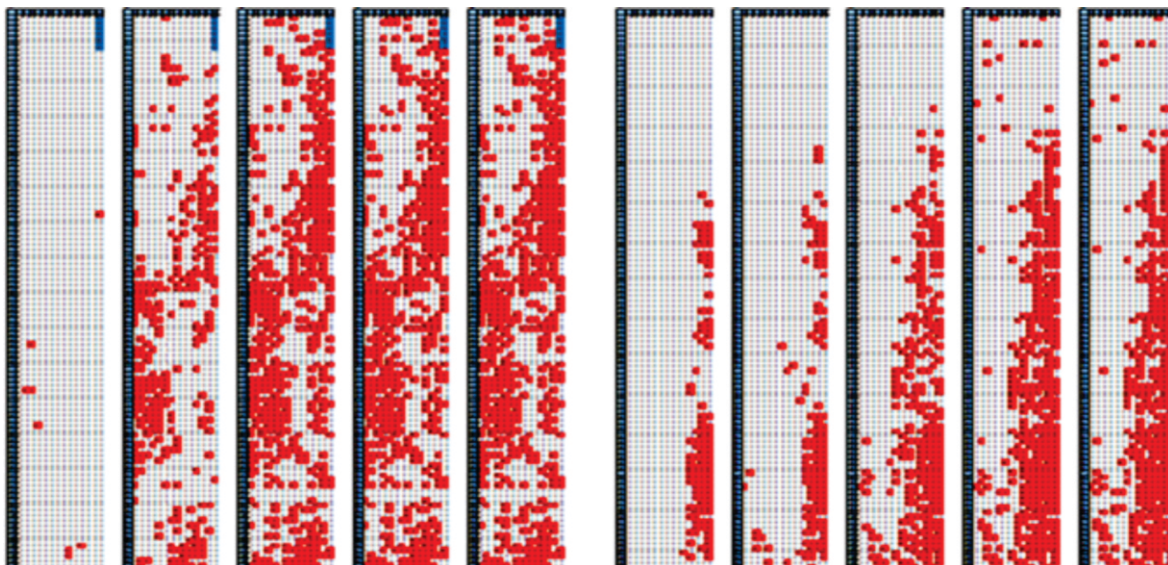


II.5. Distribución Espacial

La distribución espacial de los árboles infectados por el patógeno ha sido estudiada por varios autores. Gottwald et. al. (2008), analizaron el efecto de contagio por psílidos a corta distancia, sobre el patrón de dispersión global de la enfermedad a lo largo del tiempo, encontrando que la infección de árboles ocurre principalmente por psílidos que provienen de bloques de árboles contaminados no cercanos a los árboles no infectados, y no por psílidos provenientes de huertos cercanos. Los autores respaldaron estos resultados mediante técnicas de análisis de supervivencia, utilizando un modelo semi-paramétrico de Cox de riesgos proporcionales (Lawless, 1982) el cual incluye como covariable al número de árboles previamente infectados dentro de un bloque dado.

De acuerdo con la Figura II.13, el desarrollo espacial de la infección con HLB en dos bloques contiguos de árboles que fueron monitoreados cinco veces consecutivas; los árboles infectados dentro de un bloque se representan por cuadros rojos reflejando el avance espacial de la infección y los cinco rectángulos de la izquierda se refieren a las cinco evaluaciones del primer bloque de árboles.

Figura II.13 Evolución espacial de árboles infectados con HLB en dos bloques contiguos de árboles que fueron evaluados cinco veces¹²



En cuanto a la distribución espacial del HLB en cítricos de Florida se encontró que existen dos procesos de infección en los huertos estudiados (Gottwald et. al., 2008): un proceso de dispersión primaria, donde el contagio ocurre principalmente por transmisión vectorial de distancia grande, y otro de dispersión local que ocurre dentro del huerto o bloque de árboles. Su estudio se basó en análisis de simulación de Montecarlo aplicado a distribuciones

¹² Fuente: Adaptación propia con base en Gottwald (2008)

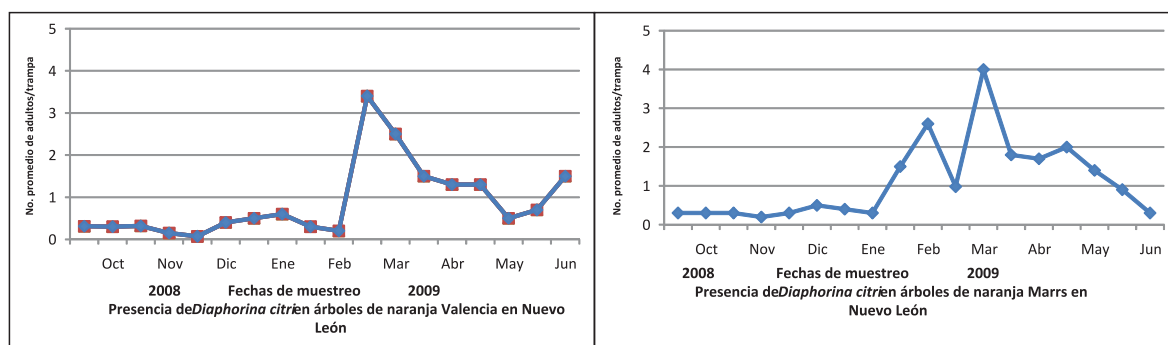


espacio-temporales (Gibson, 1997), concluyendo que el contagio más devastador se asocia con vectores provenientes de largas distancias, sin importar el control local efectuado con insecticidas, ya que los psíidos alimentados de árboles lejanos (detectados como infectados con HLB) seguirán infectando las huertas locales antes de morir por efecto de las aplicaciones de insecticidas.

II.6. Comportamiento de las poblaciones del vector *Diaphorina citri*

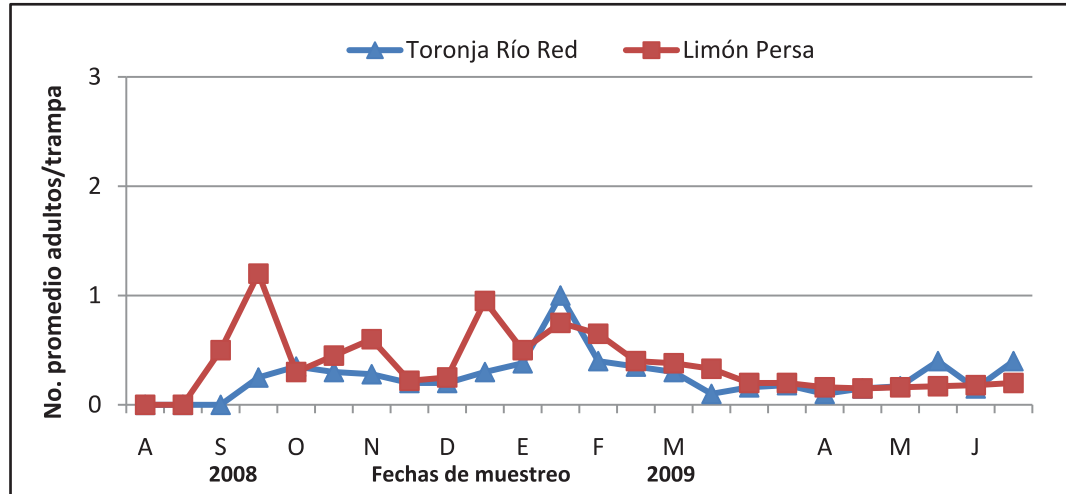
El comportamiento de las poblaciones del psílido *Diaphorina citri* muestra una tendencia estacional y ejemplificada con los patrones del número de insectos capturados en trampas para diversos tipos de cítricos y localidades de México. Por ejemplo, la muestra el número promedio de psíidos adultos capturados quincenalmente, entre octubre de 2008 y junio de 2009, en árboles de naranja Valencia y naranja Marrs en el estado de Nuevo León, reflejando que las capturas fueron bajas de octubre a enero, mayores de febrero a marzo, alcanzando el máximo en este último mes, y disminuyendo a partir del siguiente.

Figura II.14. Fluctuaciones estacionales de *Diaphorina citri* en árboles de naranja Valencia y Marrs en Nuevo León, Mexico



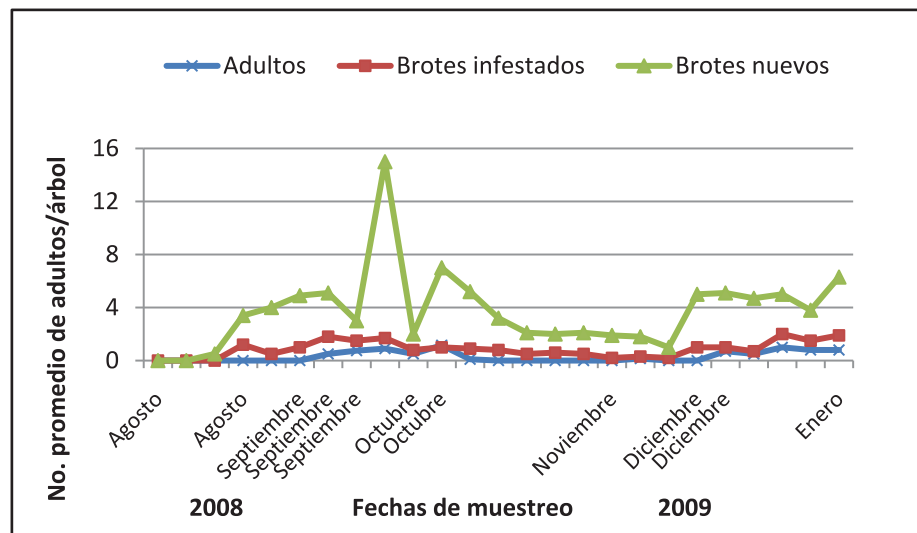
La muestra una tendencia estacional diferente, en cuanto al número promedio de insectos capturados quincenalmente de *D. citri* en trampas colocadas en huertos de limón persa y toronja rio-red en plantaciones de Michoacán. En limón persa la mayor captura se dio entre septiembre y octubre, así como de diciembre a enero; mientras que en toronja entre enero y febrero.

Figura II.15 Captura de *Diaphorina citri* en árboles de limón persa y toronja rio-red en Michoacán¹³



De acuerdo con López-Arroyo et al. (2009), los mayores conteos de psílicos (promedios quincenales) ocurrieron en brotes vegetativos nuevos y correspondieron a insectos adultos, durante los meses de septiembre a octubre, en árboles de naranja valencia en Yucatán y naranja Marrs en Nuevo León (Figura II.16).

Figura II.16 Detección de *Diaphorina citri* en árboles de naranja valencia en Yucatán¹⁴



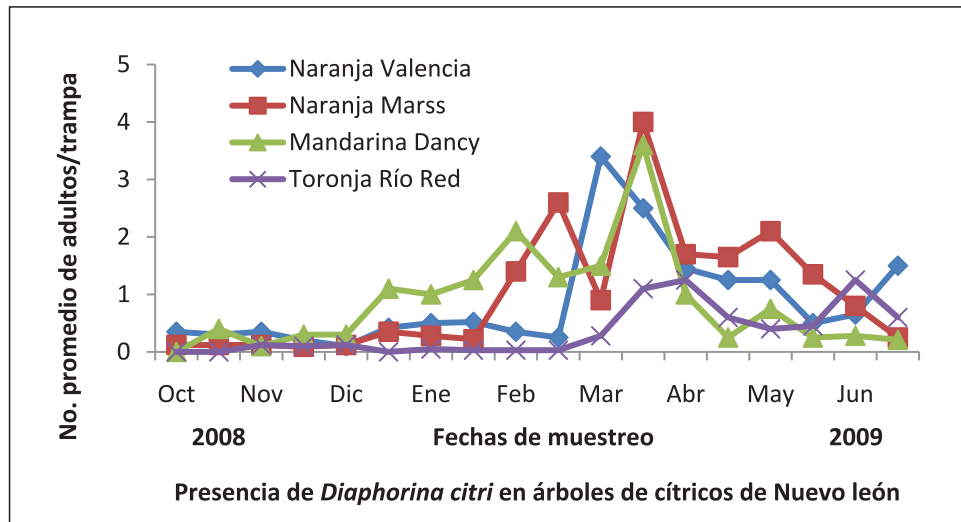
¹³ Fuente: Adaptación propia con base en López-Arroyo et al. (2009)

¹⁴ Fuente: Adaptación con base en López-Arroyo et al. (2009)



Considerando cuatro tipos de cítricos cultivados en Nuevo León, Mex., se observó que la infestación de *Diaphorina citri* (adultos capturados quincenalmente) fue ligeramente mayor en naranja y mandarina que en toronja; con fluctuaciones estacionales de las poblaciones que mostraron mayores capturas durante los meses de enero a marzo para naranja Marss, y de febrero a abril para naranja Valencia, mientras que de marzo a abril para mandarina y toronja (Figura II.17).

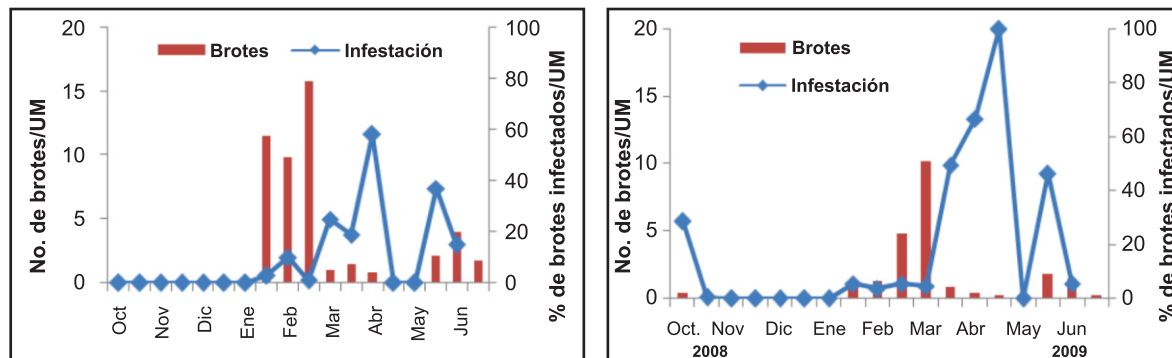
Figura II.17 Presencia de *Diaphorina citri* en cuatro tipos de cítricos cultivados en Nuevo León¹⁵



En la Figura II.18 se muestran los efectos estacionales de los conteos de *Diaphorina citri* en cultivos de naranja de Nuevo León, de donde se desprende que el mayor número de brotes en los árboles de este cítrico se presentó durante los meses de enero y marzo para naranja Valencia, y de febrero a marzo para naranja Marss, con las mayores infestaciones del psílido entre marzo y mayo para ambas variedades.



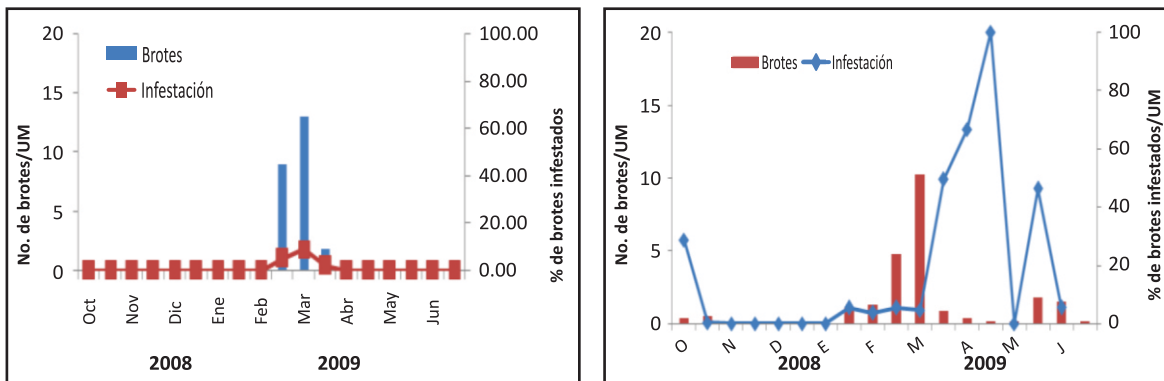
Figura II.18 Infestación y brotes vegetativos de *Diaphorina citri* en cultivos de naranja de Nuevo León



¹⁵ Fuente: Adaptación con base en López-Arroyo et al. (2009)

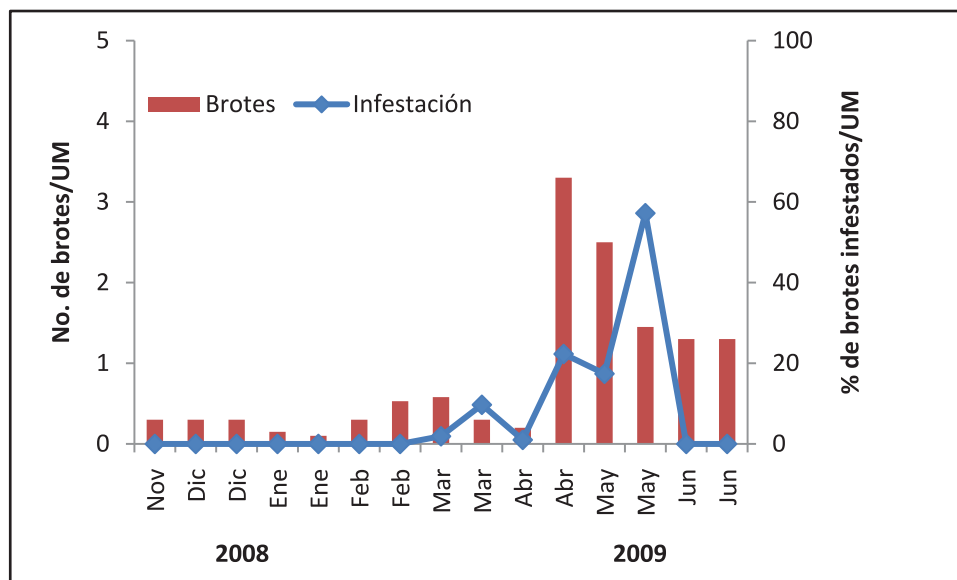
De acuerdo con López-Arroyo et. al. (2009), Figura II.19, el mayor número de brotes e infestación de *Diaphorina citri* en cultivos de mandarina Dancy de Nuevo León se dio durante febrero y marzo; mientras que en toronja, la mayor incidencia de brotes se presentó también en febrero-marzo, pero la mayor infestación entre marzo y mayo.

Figura II.19 Infestación y brotes vegetativos de *Diaphorina citri* en cultivos de mandarina Dancy de Nuevo León



La Figura II.20 muestra el número de brotes vegetativos en árboles de naranja valencia en Nuevo León, así como el porcentaje promedio, por unidad de muestreo de brotes vegetativos infestados con *D. citri*.

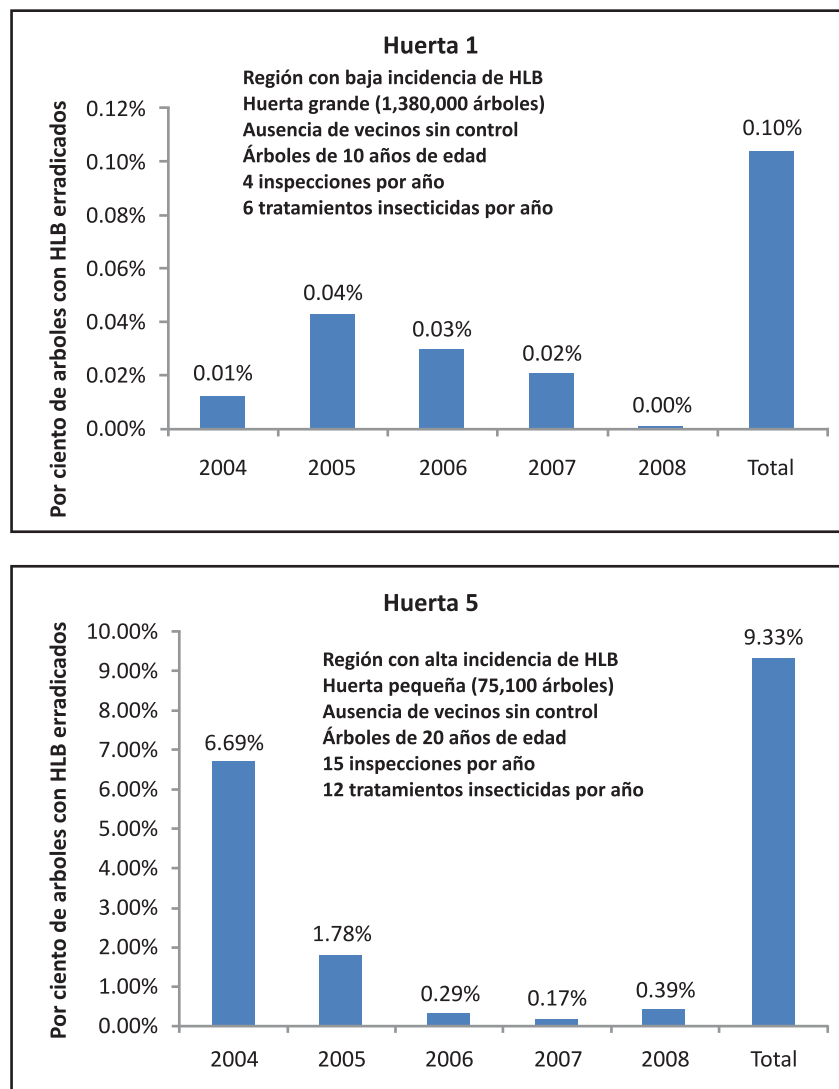
Figura II.20 Presencia de *Diaphorina citri* en árboles de naranja Valencia con brotación vegetativa intensa en Nuevo León

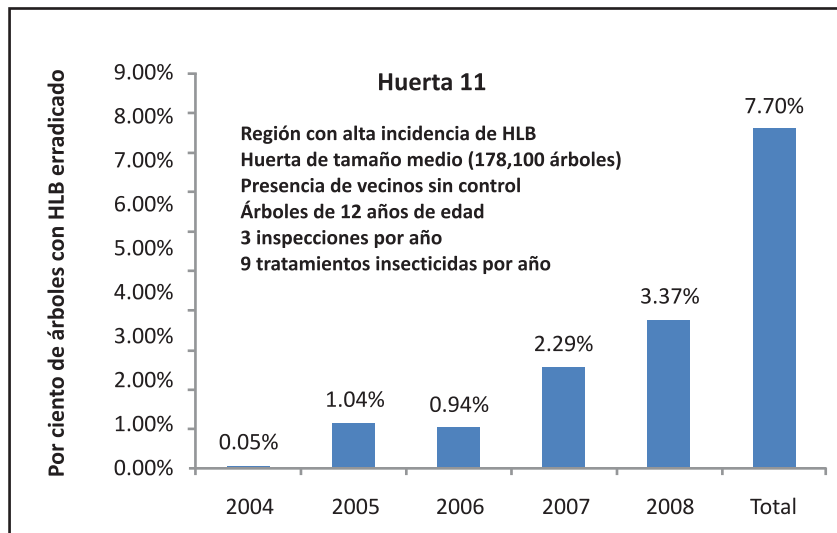
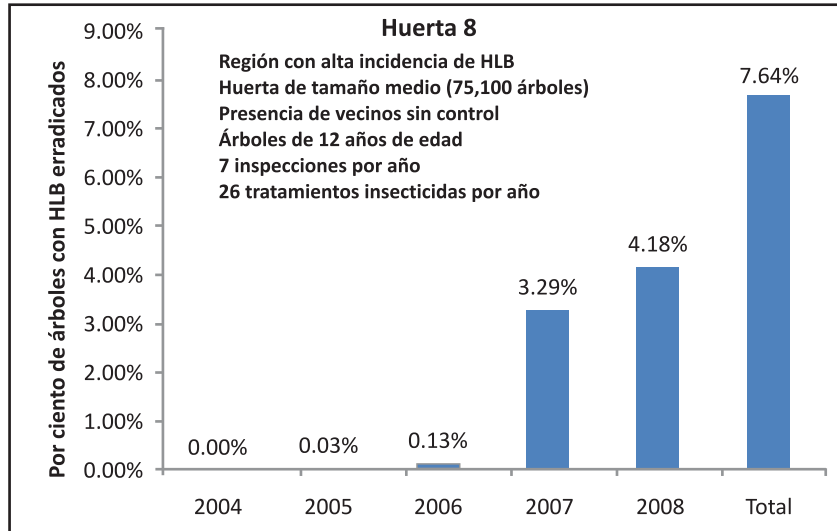


II.7. Manejo de la enfermedad HLB

A continuación se presentan algunos resultados del manejo que se ha dado a la enfermedad del HLB en Sao Paulo, Brasil, (Figura II.21). Belasque et. al. (2008) encontraron que un efecto importante sobre la incidencia de la enfermedad en huertas es la presencia de árboles vecinos contaminados. Por ejemplo, contrastando los porcentajes de árboles erradicados en las huertas 1 y 11 se observa que aun cuando existe control con agroquímicos en ambas y la huerta 1 es de mayor extensión, la presencia de huertos vecinos que no ejercen control sobre el patógeno hacen que el porcentaje de árboles que tengan que ser erradicados en la huerta 11 sea mayor que el de la huerta 1. Lo anterior confirma el hecho de que el proceso de infección proveniente de huertos vecinos no tratados, es relevante en el desarrollo de la incidencia de la enfermedad.

Figura II.21 Progreso de la erradicación de árboles con HLB en Sao Paulo, Brasil



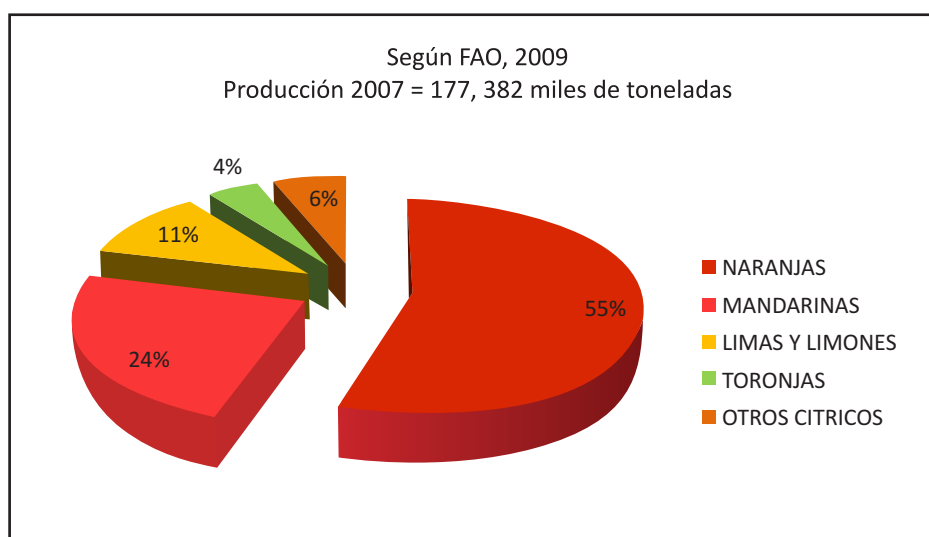


III

IMPORTANCIA DE LA ACTIVIDAD CITRICOLA MEXICANA

Los cítricos son las frutas de mayor importancia productiva a nivel mundial, pues representan alrededor del 22% de la producción total de frutas; le siguen los plátanos, otras frutas tropicales y las pomáceas. Como se observa en la Figura III.1, la producción mundial de naranjas contribuyó con el 55% del total de cítricos (177 millones de toneladas) en 2007, siguiéndole en orden de importancia, mandarinas con el 24%, limas y limones con 11%, toronjas 4% y otros cítricos con el 6% restante.

Figura III.1 Producción de cítricos en el mundo



China es el principal productor de mandarina, clementina y tangerina; India de lima y limón; Brasil de naranja; mientras que Estados Unidos de Norteamérica de toronja. Para el conjunto de cítricos, México ocupa el cuarto lugar en la producción mundial después de China, Brasil y Estados Unidos (SIAP, SAGARPA, 2009), con una preponderancia a la producción de limón agrio (*Citrus aurantifolia Swingle*) y persa (*Citrus latifolia Tan*). México es el mayor exportador del limón persa en fresco.

A nivel agroindustria, y de acuerdo con el Cuadro III.1, alrededor del 28% de los cítricos frescos se procesa, siendo Brasil y Estados Unidos los que destinan las mayores proporciones a la transformación (alrededor del 70%), principalmente para la elaboración de jugos, seguidos por Italia y Argentina con el 45% y 42% de su producción, respectivamente. México procesa el 14% de la producción y contribuye con el 5% a los productos transformados mundiales. De los cítricos destinados a procesamiento destacan, en orden de importancia, naranja, limón verdadero (*Citrus lemon L.*) y limón agrio; en mucho menor medida, toronja y mandarina.



Cuadro III.1 Producción y porcentajes de proceso de la producción para varios países

País	Producción 2005-2006 (miles de toneladas)	% procesado de la producción	% del procesado Mundial
Brasil	18,902	70.8	16.6
Estados Unidos	10,451	69.9	9.2
China	14,985	3.4	13.1
México	6,030	13.8	5.3
España	5,738	16.4	4.7
India	4,662	2.9	4.1
Italia	3,525	44.9	3.1
Argentina	2,430	42.4	2.1
Sudáfrica	1,743	21.3	1.5
Grecia	1,157	31.5	1.0
Otros	44,969		39.4
Mundial	114,232	27.8	100.0

La mayor proporción de la producción de cítricos se consume en los mercados domésticos como fruta fresca (cerca del 50% de naranjas y toronjas) y el resto se destina a la exportación de los frutos, así como a la elaboración de productos procesados (principalmente jugos). En general, los mayores volúmenes de mandarina y limón se consumen en los mercados domésticos. España y Sudáfrica exportan alrededor de la mitad de su producción de naranja y limón en fresco; mientras que México, exporta principalmente limón persa en fresco a su principal mercado, Estados Unidos.

Los cítricos representan un segmento económico fundamental de la agricultura mexicana; cuatro especies (naranja, limón, toronja y mandarina) integran la cadena productiva identificada por la SAGARPA como Sistema-Producto. Estos frutales se cultivan de manera representativa en 23 estados de la república, aunque en 15 se concentra el 95% de la superficie cultivada y, en tan solo 6, el 75%: Veracruz, San Luis Potosí, Michoacán, Tamaulipas, Colima y Nuevo León. Estos estados contribuyen con el 79% de la producción nacional (Cuadro III.2), siendo Veracruz el mayor productor. El 63% de la superficie cultivada de cítricos se da en condiciones de temporal y 37% bajo riego.

De las cuatro especies de cítricos destaca la naranja dulce (*Citrus sinensis*) tipo Valencia, la cual está ampliamente distribuida en 22 estados. La naranja ha contribuido con alrededor del 61% de la producción nacional de cítricos en los últimos años, reflejando una tendencia creciente, mientras que limones con el 19%, y los otros, entre los que se encuentra mandarina y toronja, con el 20% (Figura III.2).



Cuadro III.2 Producción de cítricos en México¹⁶

ESTADO	Superficie cultivada (hectáreas)	Aportación al total Nacional	Producción (toneladas)	Aportación al total nacional
Veracruz	215,613	39%	2,987,973	43%
San Luis Potosí	49,753	9%	436,916	6%
Michoacán	41,780	8%	462,999	7%
Tamaulipas	40,786	7%	638,262	9%
Colima	31,210	6%	590,372	8%
Nuevo León	31,026	6%	399,739	6%
Oaxaca	22,935	4%	253,271	4%
Puebla	22,642	4%	226,076	3%
Yucatán	20,575	4%	255,389	4%
Tabasco	13,188	2%	141,300	2%
Sonora	10,017	2%	191,210	3%
Campeche	6,576	1%	58,268	1%
Hidalgo	6,094	1%	58,731	1%
Quintana Roo	4,818	1%	42,044	1%
Chiapas	3,156	1%	20,438	0%
Otros	28,831	5%	267,012	4%
Total Nacional	549,000	100%	7,030,000	100%

Sin embargo, en el volumen y valor de las exportaciones de los cítricos frescos, el limón ocupa el primer lugar con aportaciones promedio del 94% en ambos casos, generándole divisas al país por arriba de los 300 millones de dólares en 2008 (Cuadro III.3). Le sigue en orden de importancia naranja, toronja y mandarina en términos de producción; mientras que en valor, las exportaciones de toronja superaron a las de naranja y mandarina en dicho año.

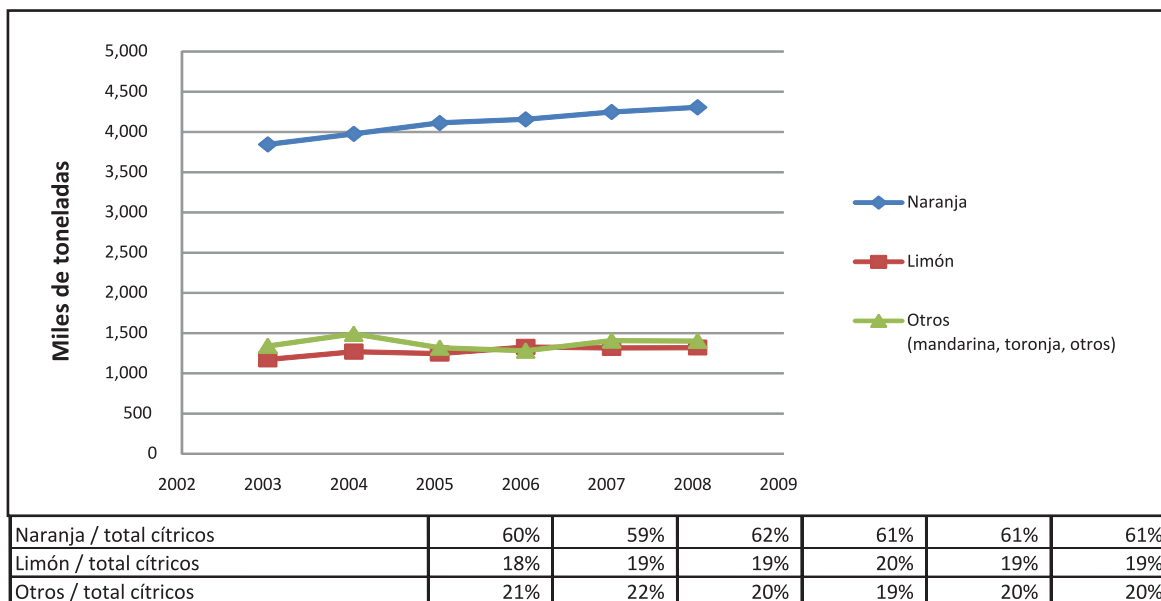
De acuerdo con el INCA Rural (ITESM, 2007) las especies conocidas como "limón" en México, son realmente limas caracterizadas en ácidas y dulces. Las ácidas se distinguen por su fruto pequeño y corresponden al "limón mexicano" (*Citrus aurantifolia Swingle*) mientras que las dulces son las de fruto grande y sin semilla (partenocárpicas) pertenecientes al grupo Tahití, conocido como "limón persa" (*Citrus latifolia*).

El limón mexicano es la variedad que más se cultiva en México, principalmente en la Costa del Pacífico, en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, destinándose alrededor del 60% de su producción al consumo en fresco del mercado nacional y el 40% restante al procesamiento de aceite esencial y, en menor medida, de jugos, harinas y otros derivados (Cuadro III.3).



¹⁶ Fuente: Subsecretaría de Agricultura, SAGARPA, reportes internos 2009 con cifras preliminares al cierre de 2008. Las cifras utilizadas en el modelo para la estimación de las pérdidas potenciales difieren ligeramente de las reportadas aquí y fueron proporcionadas por el SIAP.

Figura III.2 Producción nacional de cítricos 1/



1/ Fuente: Subsecretaría de Agricultura, SAGARPA, reportes internos 2009 con cifras preliminares al cierre de 2008.

El limón persa se produce en la Costa del Golfo de México, principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco y, en menor medida, Oaxaca y Puebla. Esta es la variedad que México exporta en fresco en mayor volumen, aunque el limón mexicano también se exporta en menores cantidades. El limón mexicano cuenta con gran cantidad de aceite en la cáscara, por lo que es la materia prima con la que se procesa y exporta el aceite esencial.

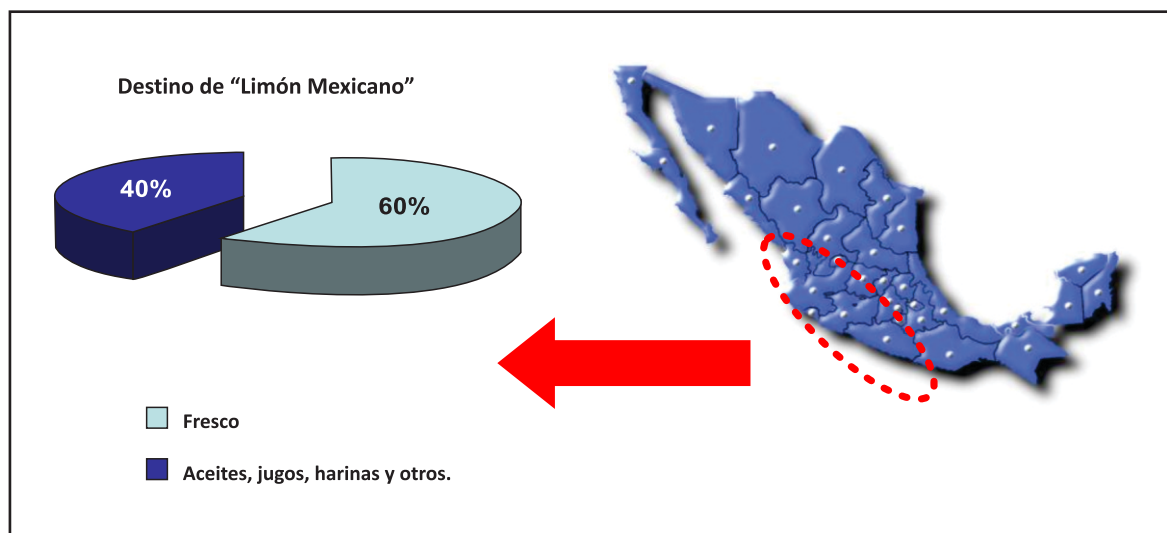
Cuadro III.3 Exportaciones mexicanas de cítricos frescos¹⁷

PRODUCTO	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Volumen (toneladas)							
Limón / lima	264,645	332,754	373,308	387,196	428,129	462,868	0
Mandarina	4,681	3,218	3,758	3,966	3,300	5,039	6,368
Naranja	10,694	6,974	14,823	13,562	15,490	28,193	21,700
Toronja	2,242	6,619	11,105	8,870	12,923	11,674	14,338
Total cítricos	282,262	349,564	402,993	413,594	459,842	507,774	42,406
Limón / Total cítricos	94%	95%	93%	94%	93%	91%	0%
Valor (millones de dólares)							
Limón	73.6	117.1	164.9	160.5	192.7	240.4	301.9
Mandarina	1.7	1.2	1.8	1.7	1.6	3.0	3.9
Naranja	4.0	1.6	3.4	3.4	4.1	10.7	6.9
Toronja	1.2	2.1	6.3	5.6	9.4	8.9	9.5
Total cítricos	80.5	122.1	176.3	171.2	207.8	263.1	322.2
Limón / Total cítricos	91%	96%	94%	94%	93%	91%	94%

¹⁷ Fuente: FAOSTAT, Dirección de Estadística 2009 de 2000 a 2006 y SIAP para otros años.



Figura III.3 Destino del limón mexicano procedente de la zona del Pacífico¹⁸



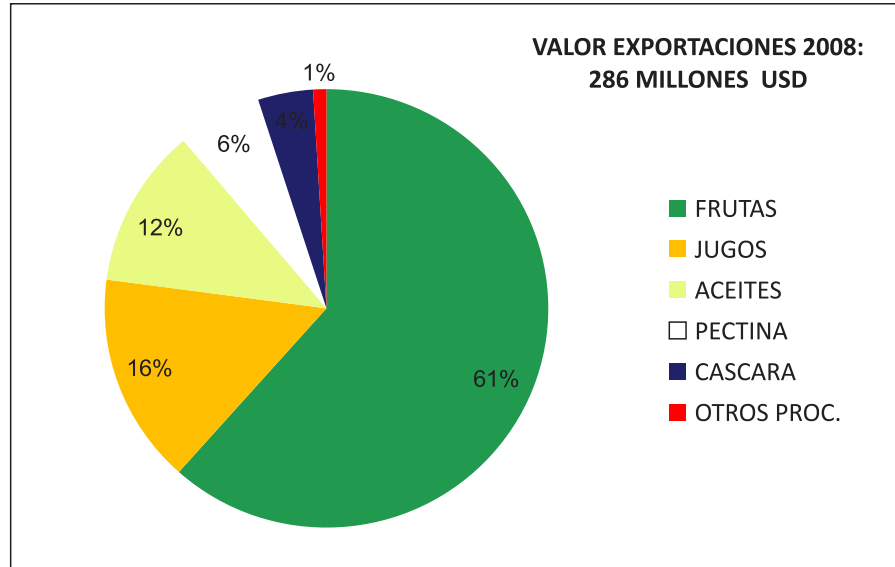
Para México, tanto la producción como el procesamiento y exportaciones de cítricos son de gran importancia económica y social, por la contribución que hacen al Producto Interno Bruto del sector agrícola y a la generación de divisas y empleo al país. Según Citrofrut (2003), alrededor de 65,000 productores se dedican al cultivo de los cítricos, generando cerca de 50,000 empleos en campo, de manera permanente al año. Tan sólo en el proceso de cosecha se requieren más de 5 millones de jornales, equivalentes a alrededor de 16,000 empleos permanentes al año.

La exportación de cítricos contribuyó con 286 millones de dólares a las divisas captadas en 2008 (Figura III.4), destacando por su importancia las exportaciones de fruta fresca (61%), jugos (16%), aceites esenciales (12%), pectinas (6%), cáscaras (4%) y en menor medida otros productos (1%). Este valor representó el 1.8% de las exportaciones agroalimentarias. Se considera que existen actualmente en México más de 200 emparadoras o beneficiadoras de la fruta fresca y 25 plantas procesadoras que destinan su producción tanto al mercado interno como a la exportación.



¹⁸ Fuente: INCA Rural / ITESM, Plan Rector Sistema Nacional Limón Mexicano, Junio 2007. Incluye los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Figura III.4 Valor de las exportaciones mexicanas de cítricos y sus derivados¹⁹



La agroindustria juega un papel importante en la adición de valor y preservación de calidad a los cítricos. Como se ilustra en la Figura III.5, el valor agregado al limón (agrio o mexicano y persa) es mayor que para naranja, destacando que, en limón mexicano el consumidor final paga cinco veces más de lo que recibe el productor por concepto de empaque, manejo y comercialización.

Las exportaciones de aceite de limón han generado divisas por alrededor de 26 millones de dólares durante el período 2003-2005 (Cuadro III.4) teniendo como principal mercado a Estados Unidos.

Cuadro III.4 Exportaciones mexicanas de limón fresco y procesado²⁰

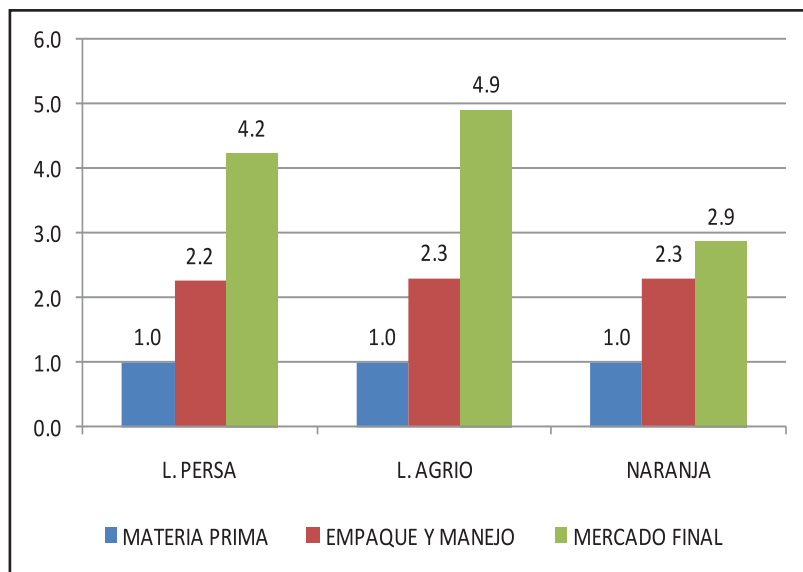
PRODUCTO	2003		2004		2005	
	Toneladas	Millones USD	Toneladas	Millones USD	Toneladas	Millones USD
Fruta fresco	328,912	117.3	357,503	159.1	369,510	177.8
Limón mexicano	27,282	10.3	44,840	21.4	53,840	30.2
Limón persa	301,630	107.0	312,663	137.7	315,670	147.6
Procesado:						
Aceite esencial 1/	1,572	24.6	1,430	25.7	1,670	27.2

¹⁹ Fuente: SIAP, 2008

²⁰ Fuente: INCA Rural / ITESM, Plan Rector Sistema Nacional Limón Mexicano, Junio 2007. Elaborado con la variedad "limón mexicano"

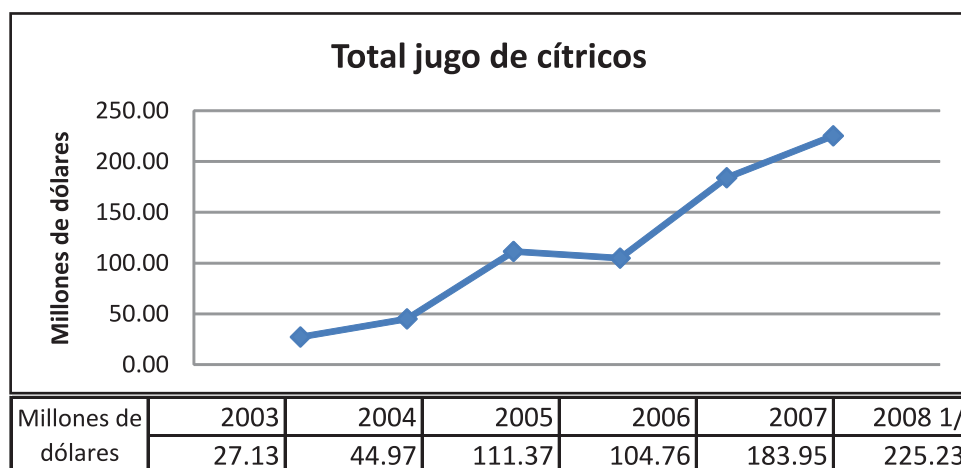


Figura III.5 Importancia relativa de la agregación de valor en empaque, manejo y comercio de cítricos



De acuerdo con la Figura III.6, la exportación de jugos de cítricos también le ha venido generando cada vez mayores divisas al país, aumentando de 27 millones de dólares en 2003 a 225 millones en 2008. El jugo de naranja es el producto más importante, contribuyendo con más de la mitad del total de divisas generadas por este concepto en 2003 (14.7 millones de dólares) y con el 79% en 2008 (177.8 millones); los jugos de toronja, limón/lima y otros aportaron el 21% restante (47.4 millones) en dicho año.

Figura III.6 Exportación de jugo de cítricos mexicanos²¹



²¹ Fuente: FAOSTAT, Dirección de Estadística 2009 de 2000 a 2006 y SIAP para otros años, con cifras preliminares para 2008.

IV

METODOLOGÍA

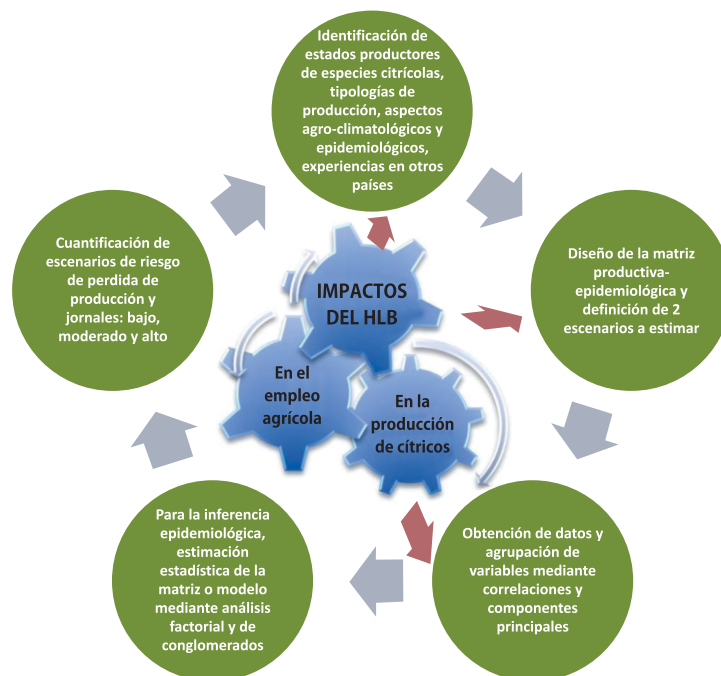
La presente evaluación tuvo como objetivo principal calcular las pérdidas económicas que traería consigo la enfermedad de los cítricos HLB a México, en todos los eslabones de esta cadena citrícola nacional, de no tomarse alguna medida de control al respecto y, en particular, realizar un análisis comparativo de las medidas preventivas o de control que se están ejecutando en México contra el HLB, versus las realizadas en otros países que han enfrentado el mismo riesgo.

Para cumplir con el objetivo principal se aplicaron tres metodologías diferentes, a las tres distintas etapas productivas consideradas: la primaria o citrícola, la agroindustrial o de transformación, y la economía en su conjunto, en donde el impacto se evaluó tanto para el sector citrícola como para otras actividades relacionadas con la citricultura nacional.

IV.1. El análisis productivo-epidemiológico

El análisis epidemiológico a la actividad citrícola primaria se enfocó a estimar escenarios de riesgo en la producción nacional de estos frutos como consecuencia de la entrada de la enfermedad HLB al país. La metodología seguida tuvo como fin cuantificar los impactos de pérdida en la producción citrícola mexicana y en el empleo que demanda dicha actividad, de no tomarse ninguna acción al respecto, cuyas etapas se representan de manera general en la figura IV.1 y se explican en detalle en el capítulo V.

Figura IV.1 Metodología seguida en la estimación de escenarios de riesgo en la actividad citrícola primaria





De acuerdo con la Figura IV.1, la primera etapa consistió en identificar y analizar las características del sector productivo cítrico, incluyendo sus principales zonas productoras con especies y variedades, tipologías de producción para estratificar los niveles tecnológicos existentes, condiciones agroclimáticas de los cultivos, los aspectos epidemiológicos de la enfermedad para entender su grado y distribución espacial, así como una revisión bibliográfica de lo que han venido haciendo otros países para estimar escenarios de riesgo. Con base en ello, se diseñó un modelo o matriz productiva-epidemiológica, y se definieron dos escenarios de riesgo a evaluar. Posteriormente, se seleccionaron las variables a incluir en la matriz y se obtuvieron los datos requeridos, para después, operacionalizar y agrupar algunas variables mediante las técnicas estadísticas de correlaciones y componentes principales, estimando el modelo a través de análisis factorial y de conglomerados. Finalmente, la matriz generó los escenarios de riesgo de pérdidas en la producción de cítricos y el empleo agrícola ante tres posibles impactos: bajo, moderado y alto.

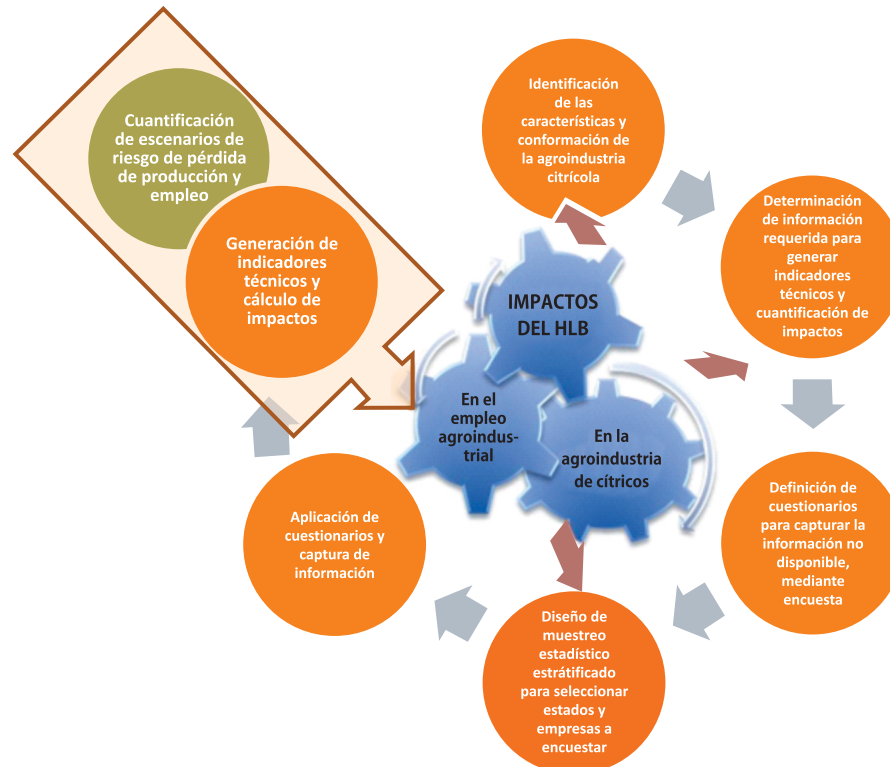
IV.2. El análisis de la etapa agroindustrial

El objetivo del análisis de la etapa agroindustrial fue evaluar los impactos que traería la enfermedad del HLB a las diferentes empresas que conforman el sector cítrico industrial del país, partiendo de los escenarios de riesgo de pérdidas en producción generados a nivel de la producción primaria. La metodología seguida se presenta, de manera general, Figura IV.2 y se explica en detalle en el capítulo VI.

De acuerdo con la Figura IV.2, el proceso metodológico consistió; primero, en la identificación de las características de la agroindustria cítrica; segundo, la determinación y búsqueda de información requerida sobre dicho sector, que permitiera la cuantificación de los impactos del HLB en la producción, empleo, ingreso y generación de divisas mediante exportaciones de las distintas empresas que conforman la industria; tercero, la definición de un cuestionario para mediante encuesta recabar la información no disponible; cuarto, diseño de un muestreo estratificado que permitiera seleccionar a los estados y empresas estadísticamente representativos a encuestar; quinto, aplicación de los cuestionarios a las empresas beneficiadoras e industrializadoras de cítricos para capturar la información requerida; y sexto, la generación de los indicadores técnicos con base en los datos obtenidos de 2008, los cuales junto con los escenarios de riesgo de pérdida en producción de cítricos a nivel actividad primaria, permitieron cuantificar los impactos que traería consigo la enfermedad del HLB a la agroindustria mexicana.



Figura IV.2 Metodología seguida en la estimación de impactos en el sector agroindustrial



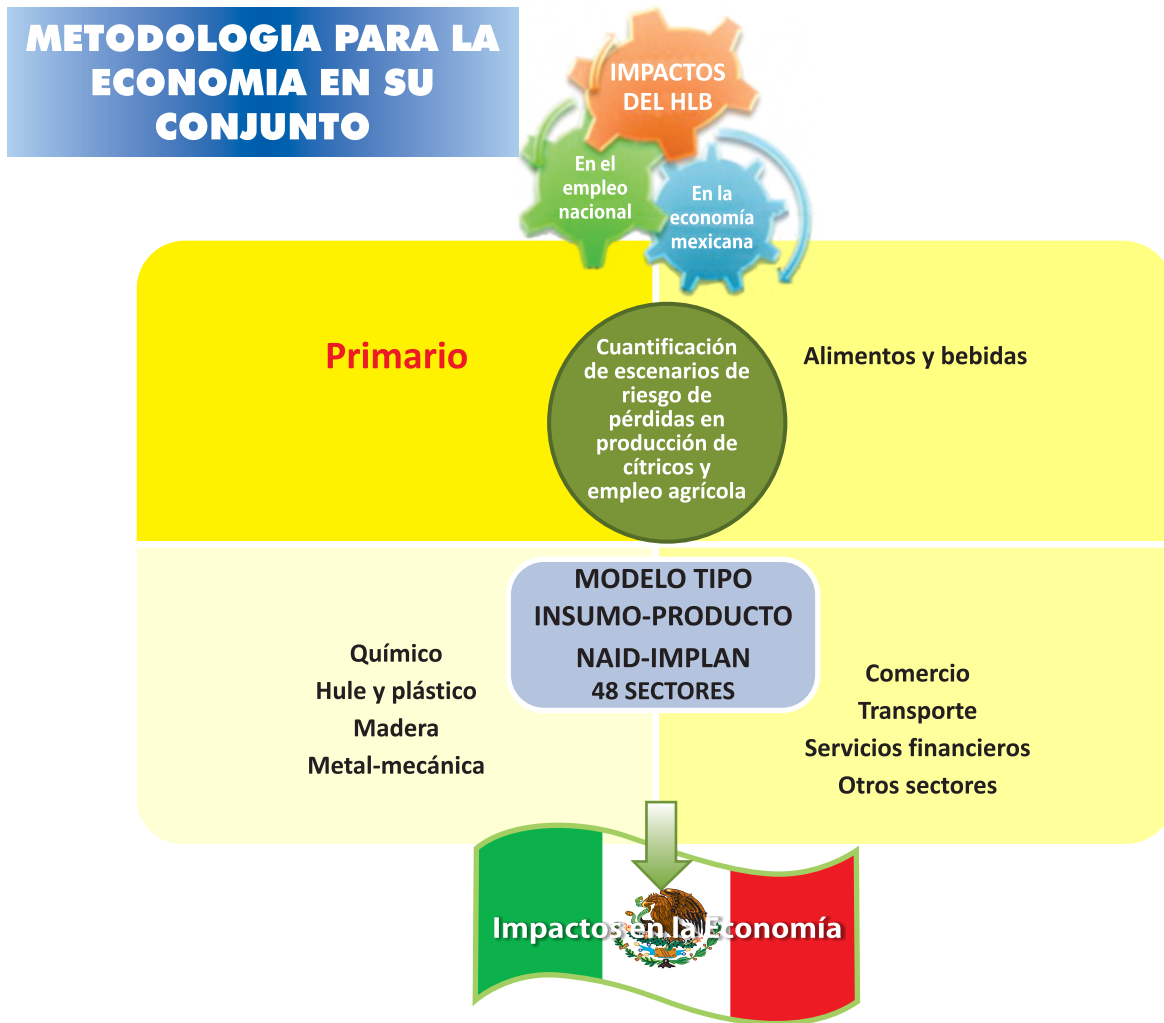
IV.3. El análisis de la economía en su conjunto

La cuantificación de los impactos que generaría la enfermedad HLB de los cítricos tanto al sector primario como a otros relacionados de la economía mexicana (alimentos y bebidas, químico, transportes, servicios financieros, metal-mecánico, hule y plásticos, y de la madera, entre otros) se estimaron, incorporando al modelo NAID-IMPLAN (figura IV.3), los escenarios de pérdida cuantificados para la actividad productiva primaria (representados en la figura IV.1). El modelo IMPLAN fue utilizado en 2007 por la Universidad de Texas A&M para medir los impactos del HLB en la cadena cítrica del estado de Texas, E.U.

El modelo tipo insumo-producto, NAID-IMPLAN, que clasifica a la economía mexicana en 48 sectores, dos de los cuales son el productivo agropecuario (en el que se ubica el cítrico) y el alimenticio (donde se clasifica parte del agroindustrial), estimó los efectos del HLB, generando las pérdidas que traería consigo dicha enfermedad tanto en el volumen y valor de la producción como en el empleo directo, indirecto e inducido de las diferentes actividades involucradas (Figura IV.3). El detalle de la metodología que utiliza el modelo NAID-IMPLAN se presenta en el capítulo VII del presente trabajo.



Figura IV.3 Metodología para evaluar los impactos del HLB a la economía mexicana



V

**ANALISIS EPIDEMIOLOGICO
DEL IMPACTO DEL HLB EN EL
SECTOR PRIMARIO DE LOS
CITRICOS MEXICANOS**

El análisis epidemiológico a la actividad productiva de los cítricos tuvo como objetivo cuantificar escenarios de riesgo de pérdidas en la producción nacional de estos cultivos y en el empleo agrícola como consecuencia de la entrada del HLB al país.

V.1. Metodología

La metodología seguida en la estimación de los escenarios de riesgo partió del cuestionamiento sobre los impactos que podría causar la entrada del HLB a la producción citrícola mexicana y el empleo que demanda dicha actividad, si no se tomara ninguna acción al respecto.

Como se observa en la figura V.1, la primera etapa consistió en identificar y analizar a las principales zonas productoras de cítricos del país; sus especies y variedades; las tipologías de producción para estratificar los niveles tecnológicos existentes; las condiciones agroclimatológicas de los cultivos; los aspectos epidemiológicos de la enfermedad para entender su susceptibilidad y distribución espacial; así como, una revisión bibliográfica de lo que han venido haciendo otros países para estimar dichos impactos.

V.1.1. La matriz productiva-epidemiológica y los escenarios planteados

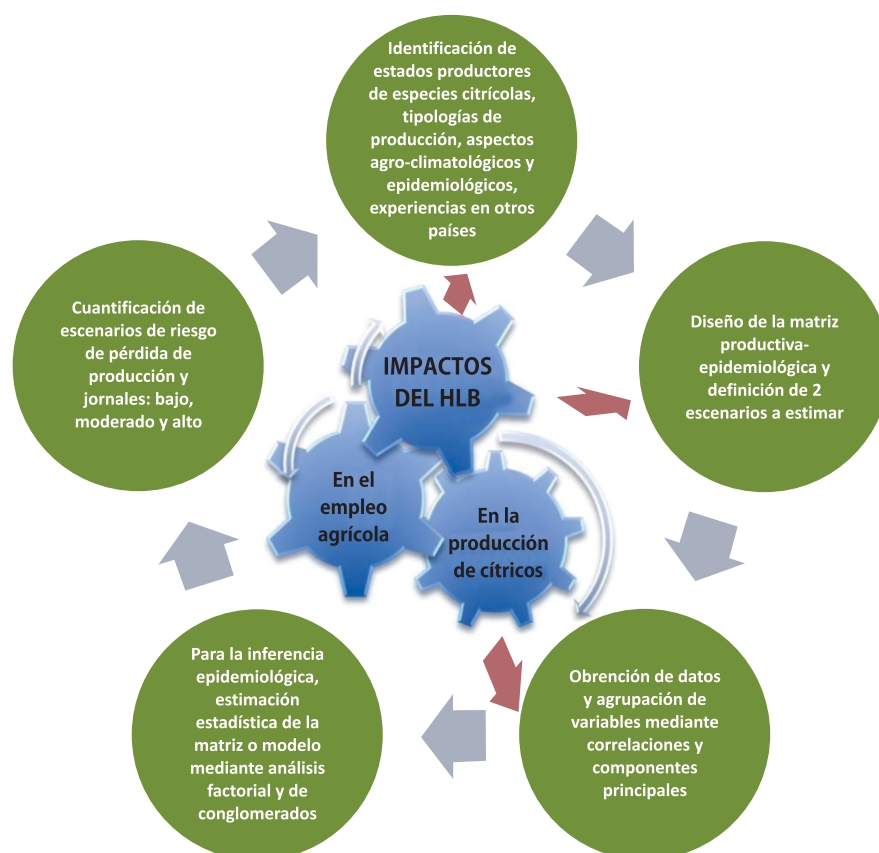
Con base en dicha identificación, se diseñó un modelo o matriz productiva-epidemiológica y se definieron dos escenarios. La matriz primaria incluyó 20 variables y 1,306 observaciones a nivel municipal, relativas a las entidades federativas productoras de las especies cítricas siguientes: naranja (agria, criolla, Valencia, Hamlin), mandarina (criolla, Dancy, Murcot), toronja (criolla, Rubi Red, Red Blush, March), limón persa, limón agrio o mexicano y limón Italiano. Las variables productivas incluyeron a la superficie sembrada y cosechada, rendimientos, volumen y valor de la producción, tipología de producción, costos de producción, número de jornales que demanda cada cultivo, costo de agroquímicos etc., cuyos datos de 2008 fueron obtenidos, en su mayoría, del SIAP. Además las variables de la susceptibilidad de la especie de cítrico al patógeno y la pérdida de peso asociada a la enfermedad.

Los escenarios planteados fueron:

1. Pérdidas potenciales de producción citrícola tomando en cuenta una situación epidémica de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productivas del país.
2. Pérdidas potenciales de producción de cítricos bajo una situación epidémica de intensidad variable y distribución gradual en el país.



Figura V.1 Proceso para estimar escenarios de riesgo de pérdidas en el sector citrícola primario como consecuencia del HLB



En el planteamiento de ambos escenarios se consideró que:

- El ingreso, colonización y establecimiento del HLB en México es inminente tomando en cuenta la presencia del patógeno, *Candidatus Liberibacter spp.*, en la región del Caribe, Centro y Norteamérica integrada históricamente al territorio mexicano, en lo relativo a fenómenos fitosanitarios de interés regulatorio, así como en grandes regiones productoras de Estados Unidos (Florida) y Brasil.
- La detección de brotes de HLB en la Península de Yucatán, Jalisco, Nayarit y Colima en Julio-Diciembre de 2009, indican la existencia de presión de inóculo foráneo sobre las regiones cítricas del país.
- El vector, *Diaphorina citri*, responsable de la dispersión del patógeno, se encuentra ampliamente distribuido en el país desde su detección en 2002.
- El carácter sistémico de la enfermedad (el árbol en su totalidad sufre de estrés fisiológico) permite emplear datos de incidencia para fines de estimación de pérdidas.



Se asumieron los siguientes supuestos con respecto a cada escenario:

Escenario 1:

- 1.1. Debido a la presencia generalizada del vector se considera factible un escenario epidémico de alta intensidad con una incidencia del 100% en todo el país, por lo que las pérdidas se darían sobre la producción anual del ciclo productivo en el cual se realiza el pronóstico.
- 1.2. Por el supuesto de alta intensidad epidémica se elimina el efecto de dispersión espacio-temporal (considerado en el escenario 2), implicando que los efectos son de tipo multiplicativo, empleando como factor la tasa de reducción de peso del fruto, atribuible a la enfermedad.

Escenario 2:

- 1.1. La epidemia de HLB se ha presentado en otros países a través de un proceso espacio-temporal, lo cual implica la estimación de tasas de dispersión epidémicas.
- 1.2. Los procesos espacio-temporales operan a distinto nivel de integración espacial (región, intra-región y parcela) con tasas diferenciales.
- 1.3. El cálculo de tasas epidémicas por medio de modelos epidemiológicos específicos para cada nivel espacial, permite su aplicación en un modelo multiplicativo integral para el cálculo de pérdidas productivas.

A partir de la matriz primaria con entradas de datos a nivel municipal se integró la matriz a nivel estatal, la cual incluyó 18 variables y 111 observaciones, manteniendo la categorización por especie cítrica pero sin discriminar por tipo o variedad; por ejemplo, la categoría de naranja incluyó datos de producción de la tipo criollo, Rubi Red, Red Blush y March. Esta integración a nivel estatal facilitó el uso de las variables debido a la reducida disponibilidad de información a nivel municipal; por ejemplo, para algunas asociadas a producción, las epidémicas y climáticas.

De la matriz integrada a nivel estatal se generaron los escenarios de riesgo que estimaron los niveles de pérdida que traería consigo la enfermedad del HLB en los distintos estados productores de cítricos, tanto en los volúmenes de producción como en la mano de obra que utiliza su cultivo, los cuales se presentan más adelante. Los escenarios de riesgo se utilizaron para alimentar el análisis de sensibilidad desarrollado para la etapa agroindustrial que se explica en el capítulo VI, así como al modelo insumo/producto, IMPLAN, que cuantifica los impactos económicos para toda la cadena productiva de los cítricos (capítulo VII) y en donde se manejan cifras agregadas a nivel nacional.

V.1.2. Variables seleccionadas

Dentro del proceso metodológico, el siguiente paso fue seleccionar las variables a incluir en la matriz y obtener los respectivos datos. A continuación se explica la manera como se conceptualizaron las variables que no fueron obtenidas directamente de la información reportada por el SIAP (como superficie sembrada y cosechada, rendimientos, volumen y valor de la producción, etc.)



V.1.2.1. Variable de susceptibilidad

Con base en la revisión bibliográfica se elaboró una escala nominal de susceptibilidad de tres clases para igual número de categorías de especies cítricas. La base racional es que no existen materiales resistentes a *C. Liberibacter* spp. (Irey, 2009). En el caso de los limones se reporta información empírica (comunicación personal de Loeza, INIFAP, 2010). La escala por grupo de cítricos se definió como se muestra en el Cuadro V.1, incorporándose los números de la misma como variable de susceptibilidad en la matriz.

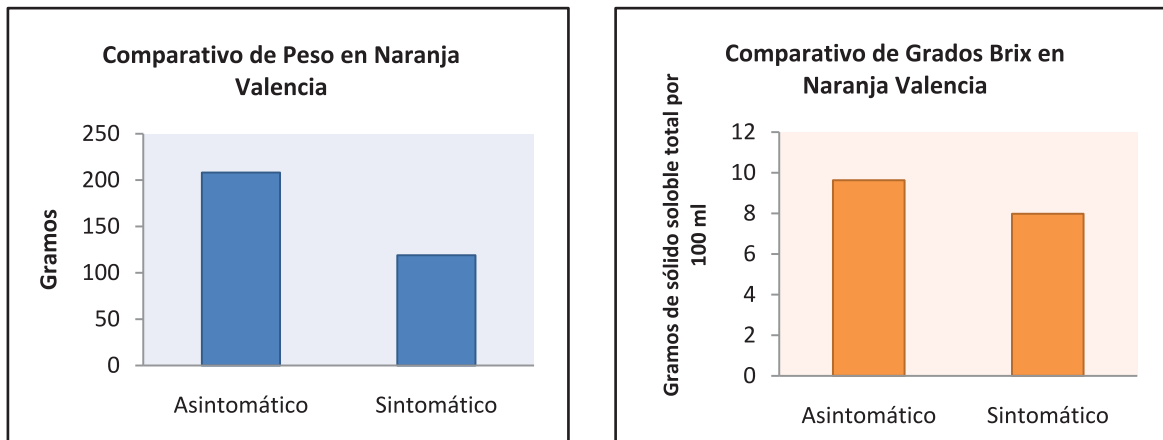
Cuadro V.1 Escala por grupo de cítricos

	Escala	Especie de cítrico
1	Baja susceptibilidad	Limón agrio, limón persa, limón italiano
2	Moderada susceptibilidad	Mandarina
3	Alta susceptibilidad	Naranja, toronja

V.1.2.2. Variable pérdida de peso

La pérdida de peso, diámetro del fruto y grados Brix (medida de la concentración de azúcares) atribuibles al HLB se basó en los datos cuantitativos reportados por Bassanezi y colaboradores (2009) para las condiciones y variedades de naranja cultivadas en Brasil. Debido a la amplia distribución de naranja Valencia en México se empleó únicamente este dato para los cálculos respectivos (figura V.2).

Figura V.2 Pérdida de peso y de grados brix por fruto bajo condiciones sintomática y asintomática²²



²² Fuente: Datos publicados por Bassanezi y colaboradores, 2009





El procedimiento empleado en Brasil incluyó frutos individuales y árboles sintomáticos al HLB, paulatinamente infectados por al menos cuatro años. Las pérdidas estimadas para naranja Valencia (Bassanezi et al., 2009) fueron las que se indican en el Cuadro V.2.

Cuadro V.2 Valores usados para las variables de interés

Variable	Valor
Peso del fruto	42% +/- 9.85
Diámetro	18.9%
Grados Brix	17.02%

Dado el carácter sistémico de la enfermedad (y supuestos 1.1 y 1.2 considerados arriba), el porcentaje de pérdida de peso (42%) se multiplicó directamente por el volumen de producción a nivel municipal para calcular pérdidas de producción primaria para el caso de naranja. El valor promedio y las desviaciones estándar obtenidas se emplearon para calcular tres escenarios de riesgo: pérdida baja, moderada y alta.

Debido a que no existen datos publicados sobre niveles de pérdida para otras especies de cítricos, se decidió asociar el porcentaje de pérdida de peso de naranja (42%) al nivel de susceptibilidad (Sj) de la especie cítrica expresado en proporción, siendo limones=1/3 (baja susceptibilidad), mandarina=1/2 (moderada susceptibilidad), naranja y toronja=1/1 (alta susceptibilidad). La variable de pérdida de peso (Perpe) se calculó de la siguiente manera:

$$Perpe = (\text{Producción de la especie-i}) (42\%)(Sj);$$

donde, la especie-i es naranja, toronja, mandarina, limón mexicano, limón persa y limón italiano.



V.1.2.3. Variable tipología de la producción

La conceptualización de la tipología de la producción se hizo mediante un enfoque multivariado que empleó variables socio-económicas y tecnológicas (González, 1990), la cual permitió generar una escala nominal donde la tipología de tipo comercial-intensiva tuvo el valor de la escala más alto (18) y la agricultura de tipo campesina extensiva con tecnología mínima y producción baja, el menor valor (1). El objetivo fue generalizar costos de producción obtenidos de varias fuentes bibliográficas para distintas condiciones agrícolas y tipo de cítrico, con lo cual se subsanó la carencia de dichos datos oficiales a nivel municipio para la actividad primaria en la mayoría

de las regiones cítricas del país (ej. número de jornales demandados por hectárea y cantidad de agroquímicos aplicados). Los 18 tipos de agricultura mexicana de González (1990), se emplearon para generar la escala, con ese número de clases, para todos los municipios de cada estado cítrico del país y su correspondiente tipología agrícola. Así, en la matriz se introdujo el valor de la escala asociada a cada municipio productor de cítricos.

V.1.2.4. Número de jornales/hectárea y costos de los agroquímicos

No existen costos de producción disponibles para todos los estados productores de las distintas especies de cítricos, para el mismo año. Por tanto, los datos disponibles para naranja, limón, mandarina y toronja en Colima, San Luís Potosí, Oaxaca, Sonora, Nuevo León, Yucatán y Veracruz, que en su mayoría correspondían a 2007, se actualizaron a 2008 por el factor inflacionario siguiente:

$VF = VA * (1+i)^n$, donde:

VF= Valor futuro

i = tasa inflacionaria estimada con el INPC de Banco de México (6.38%)

n = número de años a proyectar

VA= valor actual en 2008

Los costos de producción utilizados para todas las variedades del limón (mexicano, persa e italiano) fueron los de limón agrio o mexicano de Colima (SIAP-SAGARPA 2007, Ramírez et al, 2008, Herbert, 2009); mientras que para mandarina se utilizó el mismo de la naranja; esté último así como el de toronja reportados por FIRA (Ramos, 2009) y SIAP-SAGARPA (2007).

A fin de estimar el impacto de pérdida en otros sectores industriales asociados al de producción de cítricos, de la estructura de costos se desagregaron los de la mano de obra y de los agroquímicos para cuantificar su impacto por separado; manejando porcentajes promedio representativos de los mismos cuando no se contó con cifras reportadas desagregadas para las distintas especies de estos frutos en los diferentes estados productores. Por ejemplo, los agroquímicos representaron el 7% de los costos de producción del limón mexicano en Colima y, dentro de estos, el 77% correspondió a fertilizantes, 12% a fungicidas, 5% a insecticidas y 6% a herbicidas (Ramos, 2009 y Ramírez et al., 2008); esta composición porcentual se extrapolaron a otras regiones productoras de limón con similar tipología de producción. De la misma manera, se determinaron los respectivos costos de producción desagregados para todas las variedades a nivel municipal, identificando la tipología agrícola predominante en la región o estado (ej. en Martínez de la Torre, Veracruz), de acuerdo con González (1990), partiendo de las cifras publicadas disponibles.

Así mismo, partiendo de la estructura de costos de producción se desagregó el costo de la mano de obra, el cual se utilizó para cuantificar el número de jornales por hectárea de cada especie de cítrico (para realizar las labores culturales y de cosecha en un día). Por ejemplo, dividiendo el costo total de la mano de obra para las distintas especies en los diferentes estados entre \$150.00, que fue el promedio nacional de salario diario en el campo durante 2008.

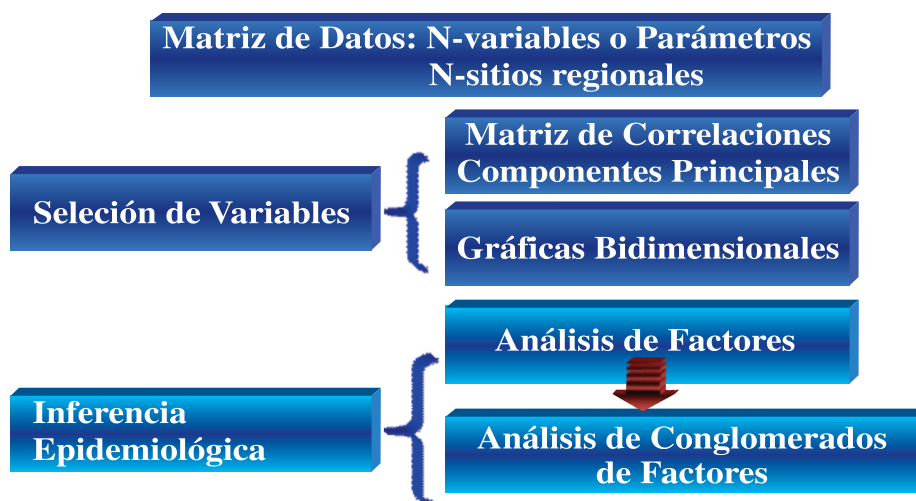


V.1.3. Estimación estadística de los escenarios de riesgo

El enfoque analítico fue de tipo multivariado con el fin de incorporar el efecto de combinación lineal del conjunto de variables previo un proceso de depuración por colinealidad (Mora-Aguilera and Campbell, 1997; Mora-Aguilera et al., 1993). Como se muestra en la Figura V.3, el procedimiento general partió del diseño de la matriz que incluyó “N” variables o parámetros de carácter productivo y “N” municipios/estados.

Una vez seleccionadas y operacionalizadas las variables, se realizaron correlaciones a las mismas para seleccionar las de mayor relevancia, siendo estas últimas a las que se aplicó la técnica estadística de componentes principales de donde se generaron gráficas bidimensionales para las escalas de susceptibilidad predeterminadas. Dentro de la etapa de inferencia epidemiológica, la matriz se corrió bajo la técnica estadística de análisis factorial, con base en cuyos resultados se efectuó también un análisis factorial de conglomerados.

Figura V.3 Procedimiento multivariado general aplicado para el análisis estadístico de los escenarios productivo y epidémico del impacto del HLB en la citricultura mexicana



V.2. Resultados del análisis de impacto del HLB

V.2.1. Escenario 1

Para el escenario 1 (*Estimación de pérdidas potenciales de producción cítricas con un escenario epidémico de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productivas del país*), los resultados del análisis se muestran en la figura V.4 para las especies de mayor importancia económica para el país: naranja, toronja, limón mexicano y limón persa

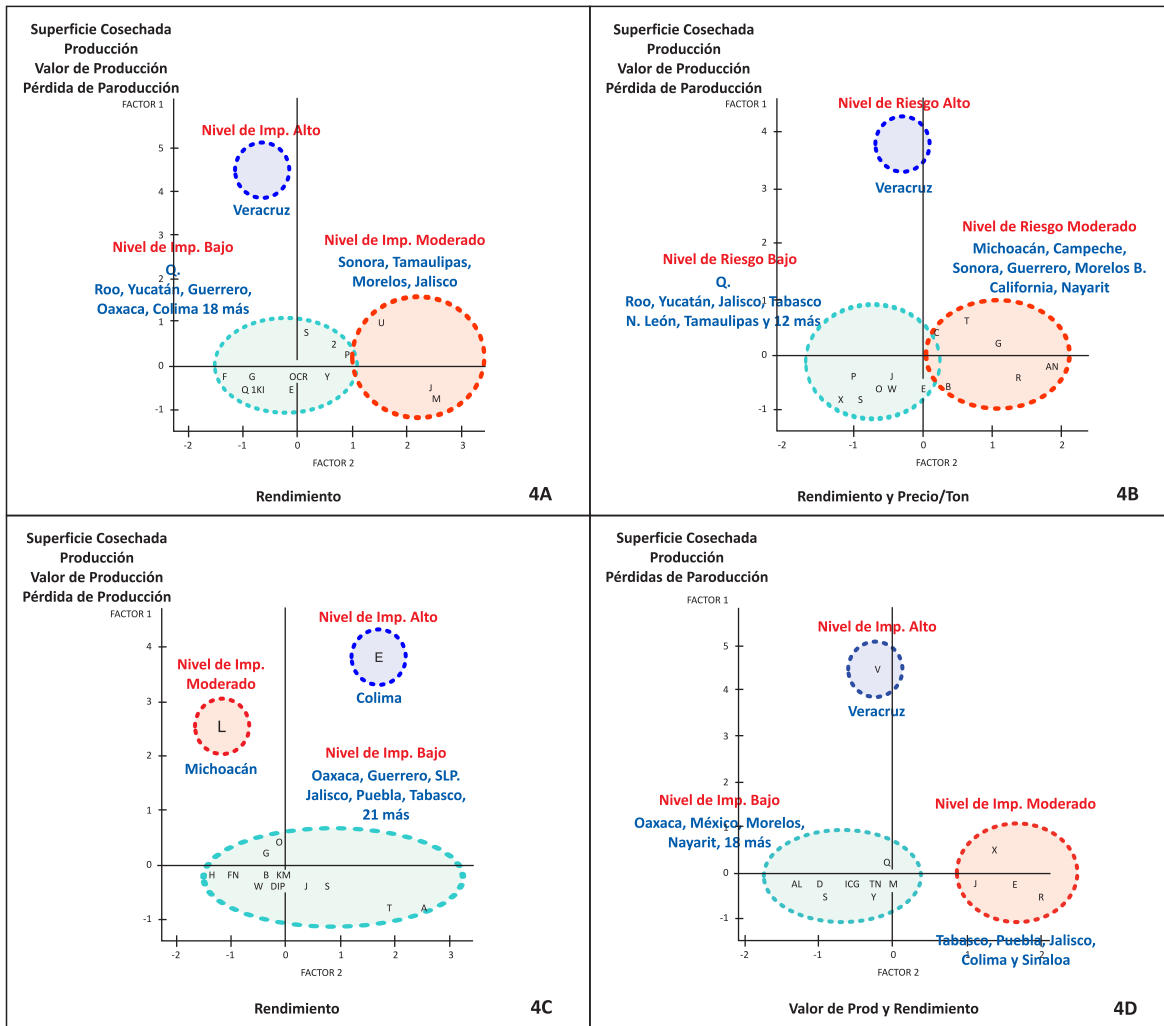
Las gráficas de la Figura V.4 muestran a las entidades federativas (representados por los caracteres alfanuméricos) en un plano bidimensional conformado por los factores 1 y 2, los cuales concentraron la mayor varianza multivariada (74 a 82%). En general, en todas las especies cítricas la varianza del primer factor estuvo principalmente explicada por la *superficie cosechada, producción y reducción potencial del rendimiento* (pérdida de producción). La varianza del segundo factor correspondió principalmente al *rendimiento (ton/ha)*. Lo anterior exhibe la alta heterogeneidad de la citricultura nacional en función de las condiciones agro-productivas del sector primario; por ejemplo, mientras por un lado se tienen entidades con una gran superficie sembrada de más de una especie cítrica (como Veracruz con aproximadamente 164 mil hectáreas de naranja, así como otras de limón persa y toronja), por otro hay estados con muy poca superficie de una sola especie (como Aguascalientes que solo reporta 3 hectáreas para el mismo cítrico, según SIAP, 2008). La variabilidad en el rendimiento indica los distintos niveles tecnológicos y, por tanto, los diferentes niveles de utilización de insumos; sin embargo, altos rendimientos asociados a mayor utilización de insumos, no necesariamente se reflejó en mayores valores de la producción (la correlación estadística fue inferior a 0.40), indicando la presencia de otros factores como las condiciones de oferta y demanda de los frutos. Esto implica que el impacto potencial del HLB podría tener consecuencias en función de la superficie sembrada y rendimientos en los distintos estados del país. Consecuentemente, estudios a nivel de entidades específicas podrían ser necesarios para un diagnóstico de impacto más preciso.

Debido a la alta varianza explicada por los factores 1 y 2, la visualización de las entidades federativas en el plano bidimensional permite establecer grupos de entidades con similitud productiva y, por tanto, semejantes con respecto al impacto del HLB. Así, los estados localizados en el cuadrante positivo con respecto a los dos factores indican que tienen una gran superficie cosechada y altos rendimientos; mientras que la ubicación en el cuadrante positivo únicamente para el factor 1, muestra a las entidades con alta superficie sembrada (Figura V.4). Por ejemplo, los estados que podrían tener el mayor impacto en producción por la presencia del HLB son Veracruz con naranja, toronja y limón persa (cuadrantes 4A, 4B y 4D); mientras que Colima y Michoacán tendrían un impacto de alto a moderado en el limón mexicano (4C); y Tamaulipas un riesgo moderado en naranja y bajo en toronja (4ª y 4B). La identificación de otros estados no fue tan contundente con respecto a la pertenencia a una categoría en particular.

Con el fin de obtener una categorización formal en los tres niveles de impacto potencial del HLB (alto, moderado y bajo) se procedió a vincular el análisis factorial con un análisis de conglomerados, generando con ello las tres categorías preestablecidas. Así por ejemplo, para naranja (cuadrante 1A) el estado que tendría el mayor impacto potencial fue nuevamente Veracruz; con impacto moderado, Sonora, Tamaulipas, Morelos y Jalisco; y con bajo impacto, el resto de entidades. Llamó la atención que dentro del grupo de estados con bajo impacto se ubicaron Nuevo León y San Luis Potosí, los cuales, aunque tienen más de 25 mil hectáreas sembradas, por sus bajos rendimientos y por ende su volumen y valor de la producción, no se caracterizan como expuestos a un riesgo moderado o alto.



Figura V.4 Agrupación por exploración gráfica de entidades federativas (siglas alfanumérica) en impacto alto, medio y bajo con respecto al efecto potencial del HLB en la producción del sector primario de cítricos definidas por los factores 1 y 2 de un análisis de componentes principales



- 4A. Naranja: varianza total 0.75 (factor 1=0.56, factor 2=0.18).
- 4B. Toronja: varianza total 0.81 (factor 1=0.64, factor 2=0.17).
- 4C. Limón agrio: varianza total 0.83 (factor 1=0.65, factor 2=0.17).
- 4D. Limón persa: varianza total 0.75 (factor 1=0.55, factor 2=0.20).

De acuerdo con el Cuadro V.3, el porcentaje estimado de pérdidas fue superior para el grupo de estados expuesto a mayor impacto del HLB y, consecuentemente, menor para el expuesto a un bajo impacto. Por ejemplo, como el impacto para la producción de naranja en Veracruz sería alto, la pérdida potencial de su producción (846,543 toneladas) representaría el 47% del total en 2008 y sería el mismo porcentaje con el que contribuiría a la pérdida nacional de dicho cítrico; mientras que el impacto moderado que enfrentarían cuatro estados (Jalisco, Morelos, Sonora y Tamaulipas) generaría una pérdida de 329,354 toneladas, equivalentes al



18% de la pérdida nacional (1.8 millones de toneladas), y los estados restantes, que estarían expuestos a un impacto bajo, contribuirían en conjunto con 644,743 toneladas o 35% a la pérdida nacional.

Cuadro V.3 Pérdidas potenciales de producción estimadas debido al impacto del HLB en naranja y toronja en los estados

Naranja				Toronja			
Estado	Producción (Ton)	Pérdida potencial		Estado	Producción (Ton)	Pérdida potencial	
		Toneladas	Porcentaje			Toneladas	Porcentaje
Veracruz	2,015,800	846,543	47	Veracruz	256,546	111,949	63
Subtotal	2,015,800	846,543	47	Subtotal	256,546	111,949	63
Impacto moderado				Impacto moderado			
Jalisco	5,914	2,484	1	Baja California	950	399	1
Morelos	5,012	2,105	1	Nayarit	9	44	0
Sonora	228,170	93,772	28	Morelos	175	74	0
Tamaulipas	549,984	230,993	70	Guerrero	33	14	0
Subtotal	789,079	329,354	18	Sonora	17,516	7,357	20
Impacto bajo				Impacto bajo			
Nayarit	1,848	776	0	Campeche	13,649	5,657	16
Michoacán	4,601	1,932	0	Michoacán	53,629	22,524	62
Aguascalientes	21	9	0	Sinaloa	118	50	0
Chiapas	15,784	6,629	1	Subtotal	85,898	36,077	20
Guerrero	3,592	1,508	0	Impacto bajo			
Baja California	4,579	1,923	0	Yucatán	6,787	2,850	9
Hidalgo	53,541	22,487	3	Jalisco	1,335	561	2
Sinaloa	3,592	1,508	0	Oaxaca	2,280	958	3
Campeche	34,875	14,648	2	Tabasco	900	378	1
Baja California Sur	20,240	8,501	1	San Luis Potosí	66	28	0
Tabasco	79,538	35,465	6	Nuevo León	20,364	8,666	29
Oaxaca	68,070	28,589	4	Tamaulipas	30,211	12,289	41
Colima	3,646	1,531	0	Puebla	10,437	4,384	15
México	331	139	0	Baja California Sur	73	31	0
Querétaro	1,345	565	0	Colima	122	51	0
Quintana Roo	138,642	38,448	6	Subtotal	72,844	30,195	17
Zacatecas	141	59	0				
Yucatán	161,285	67,739	11				
Puebla	215,185	90,378	14				
Nuevo León	352,068	147,874	23				
Durango	596	250	0				
San Luis Potosí	413,774	173,785	27				
Subtotal	1,577,294	644,743	35				
Total Nacional	4,382,173	1,820,640	100	Total Nacional	72,844	30,195	100

También en toronja, Veracruz sería el estado que enfrentaría mayor impacto del HLB, representando la pérdida potencial de su producción (111,949 toneladas) el 63% de la nacional; mientras que 8 estados contribuirían con 36,077 toneladas o con el 20% a la pérdida potencial nacional y otros 10 con el 17% restante (30,195 toneladas).

Bajo el mismo enfoque y como se observa en el Cuadro V.4, basados en cálculos propios, se estima que el país enfrentaría pérdidas potenciales del orden de las 183,168 toneladas de limón agrio o mexicano, a las cuales Colima, al estar expuesta a un impacto alto del HLB, contribuiría con 87,765 toneladas equivalentes al 48% de su producción; Michoacán con 59,071 toneladas o 32% de su producción (enfrentando impacto moderado); y otros 20 estados expuestos a un impacto bajo, con 36,332 toneladas en conjunto equivalentes al 20% restante de la pérdida nacional. De limón persa, Veracruz perdería el 64% de su producción (75,987 toneladas) al estar expuesta a un alto impacto; otros 5 estados que enfrentarían impacto moderado, contribuirían en conjunto con el 19% a la pérdida nacional (con 22,882 toneladas); y los 14 estados restantes, expuestos a impacto bajo, con el 16% a la pérdida nacional (19,380 toneladas).



Considerando el criterio de la variabilidad de pérdidas también en el número de jornales por tonelada producida, utilizado por Bassanezi y colaboradores (2009), las pérdidas potenciales de producción para cada especie cítrica a nivel nacional, bajo tres distintos escenarios de riesgo y considerando la entrada y establecimiento del HLB en el país (Cuadro V.5), con un impacto bajo, la pérdida para el conjunto de cítricos sería de 1.84 millones de toneladas equivalentes al 25% de su producción, siendo la naranja y toronja las que enfrentarían el mayor porcentaje de pérdida (33%), seguidas de la mandarina (17%) y finalmente del limón (10%). Con un impacto moderado, la pérdida en producción de cítricos sería de 2.35 millones de toneladas o el 32% de la producción nacional, nuevamente con los mayores impactos para naranja y toronja (del 42%), mientras que con un impacto alto, la pérdida se incrementa a 3 millones de toneladas correspondientes al 41% de la producción del país, y el impacto para naranja y toronja crece al 53%, para mandarina al 26% y para limón al 18% (Cuadro V.5). Por otro lado, se perderían 8 jornales por tonelada promedio de cítricos, 9 por tonelada de limón persa y mandarina, 7 de limón italiano y naranja y 6 de toronja.

Cuadro V.4 Pérdidas potenciales de producción en los estados debido al impacto del HLB en limón agrio/mexicano y limón persa

Limón Agrio mexicano				Limón Persa			
Estado	Producción (Ton)	Pérdida potencial		Estado	Producción (Ton)	Pérdida potencial	
		Toneladas	Porcentaje			Toneladas	Porcentaje
Impacto alto				Impacto alto			
Colima	626,896	87,765	48	Veracruz	542,762	75,987	64
Subtotal	626,896	87,765	48	Subtotal	542,762	75,987	64
Impacto moderado				Impacto moderado			
Michoacán	421,939	59,071	32	Colima	31,094	4,353	19
Subtotal	421,939	59,071	32	Puebla	42,750	5,985	26
Impacto Bajo				Impacto bajo			
Baja California Sur	141	20	0	Sinaloa	71	10	0
Sinaloa	2,377	333	1	Jalisco	18,816	2,634	12
Jalisco	8,754		3	Tabasco	70,715	9,900	43
Veracruz	2,633	369	1				
México	1,101	154	0	Subtotal	163,447	22,882	19
Puebla	2,890	404	1	Impacto bajo			
Morelos	101	14	0	Nayarit	10,736	1,503	
Tamaulipas	23,623	3,257	9	Yucatán	38,111	5,335	
Yucatán	314	44	0	México	117	16	
Durango	640	90	0	Campeche	5,276	739	
Querétaro	45	6	0	Hidalgo	3,304	463	
Hidalgo	592	83	0	Quintana Roo	1,515	212	
Chiapas	1,959	274	1	Sonora	225	32	
Nayarit	2,567	359	1	Baja California	488	68	
San Luis Potosí	330	46	0	Michoacán	60	8	
Guerrero	82,502	11,550	32	Guerrero	19,687	1,575	
Oaxaca	126,006	17,641	49	Morelos	2,752	385	
Guanajuato	2	0	0	Chiapas	1,699	238	
Baja California	2,522	353	1	San Luis Potosí	2,751	385	
Sonora	780	109	0	Oaxaca	60,148	8,421	
Subtotal	259,519	36,332	20	Subtotal	127,193	19,380	16
Total Nacional	1,308,354	183,168	100	Total Nacional	833,402	118,249	100



De acuerdo con el Cuadro V.5, la naranja representó el 43% del valor de la producción de cítricos en 2008, limón mexicano 33%, limón persa 16%, toronja 5%, mandarina 2% y el limón italiano el 1% restante.



**Cuadro V.5 Pérdidas potenciales de producción por especie cítrica
asumiendo el ingreso y establecimiento de *C. Liberibacter* en el territorio mexicano**

ESPECIE	PRODUCCION NACIONAL ACTUAL (TON)	Impacto bajo		Impacto moderado		Impacto alto		Impacto en el número de Jornales/Ton producida		
		PERDIDA POTENCIAL POR HLB (TON)	PERDIDA POTENCIAL POR HLB (%)	PERDIDA POTENCIAL POR HLB (TON)	PERDIDA POTENCIAL POR HLB (%)	PERDIDA POTENCIAL POR HLB (TON)	PERDIDA POTENCIAL HLB (%)	VALOR DE LA PRODUCCION (MILLONES)	DEL VALOR DE LA PRODUCCION	JORNALES / TON. PROD.
Limón Mexicano	1,308,354	130,835	10%	183,168	14%	230,270	18%	3,386	33%	8
Limón Persa	834,966	83,496	10%	116,685	14%	146,954	18%	1,609	16%	9
Limón Italiano	87,132	8,713	10%	12,198	14%	15,335	18%	136	1%	7
Naranja	4,390,326	1,448,807	33%	1,824,065	42%	2,313,709	53%	4,341	43%	7
Mandarina	200,891	33,147	17%	39,790	21%	53,035	26%	204	2%	9
Toronja	425,255	140,334	33%	178,208	42%	224,109	53%	530	5%	6
Total cítricos	7,246,925	1,845,333	25%	2,354,114	32%	2,983,406	41%	10,206	100%	8

Hasta aquí, el análisis del sector productivo primario no incluyó variables de inductividad epidemiológica; a partir del siguiente apartado en donde se comentan los resultados del escenario 2, dichas variables fueron incluidas.

V.2.2. Escenario 2

En la evaluación del escenario 2 (*estimación de pérdidas potenciales de producción de cítricos con un escenario epidémico de intensidad variable y distribución gradual en el país en función de un modelo temporal*) el modelo incluyó variables o índices asociados al sistema epidemiológico (clima, hospedante, patógeno, vector y condiciones agronómicas); es decir, los escenarios de riesgo generados partieron de un enfoque de epidemiología comparativa que tomó en cuenta las variables consideradas en análisis similares realizados en otras regiones del mundo y, en particular de Latinoamérica, donde actualmente se presentan epidemias de HLB. Este enfoque incorpora consideraciones biológicas implícitas a la temporalidad y espacialidad que un proceso epidémico (Mora-Aguilera et al., 2003; Mora-Aguilera y Escamilla-Bencomo, 2001).



V.2.3. Variables consideradas

El clima es un factor que influye determinadamente en la patogénesis y en el ciclo de vida del vector, operando de manera diferencial en los tres tipos de *Candidatus Liberibacter*: *asiaticus*, *africanus* y *americanus* y en las dos especies vectores (Hemiptera:Psyllidae): *Diaphorina citri* y *Trioza erytraeae*, permitiendo incluso el establecimiento de rangos a los cuales prevalecen distintivamente cada uno de estos patógenos e insectos (Aurambout et al., 2009; Aubert, 1987; Catling, 1970). Por tanto, el tipo climático predominante en Florida, E.U. y Sao Paulo, Brasil, donde actualmente operan epidemias de alta intensidad, se empleó como un criterio de inductividad epidémica.

Otra variable incluida fue la densidad de poblacional del hospedante por superficie sembrada de especie cítrica. La base racional para la consideración de esta variable es que bajo condiciones favorables del resto de los componentes del sistema epidemiológico, a mayor cantidad de hospedante por entidad federativa mayor riesgo epidémico (Mora-Aguilera, 2000). La cantidad de hospedante permite la colonización y por tanto el establecimiento del patógeno y del vector, así como una mayor cantidad de inóculo y de actividad del vector permitiendo el progreso de epidemias. La velocidad de este progreso estaría condicionada a otros factores como el clima. La densidad de hospedante es fundamental cuando existe especificidad entre los organismos plaga y su huésped, lo cual aplica para el HLB. En México, el vector presente (*D. citri*) aparentemente es restrictivo a cítricos y a *Murraya paniculata* (Rutácea), una especie ornamental perteneciente a la misma familia de los cítricos (Rutácea). Análogamente, *C.L. asiaticus*, el organismo que se ha encontrado en los primeros brotes en México (www.Senasica.gob.mx/?id=1013) es restrictivo a la familia Rutaceae, aunque existen reportes en otras familias como la Convolvulácea (caso de la cúscuta).

Si bien la densidad del hospedante es importante, al final, la susceptibilidad a la infección del patógeno determina la intensidad de la enfermedad y, por tanto, la producción de inóculo. En la estimación del escenario 2, también se incorporó este principio biológico considerando los reportes de susceptibilidad por especie cítrica, pero ponderando las categorías de susceptibilidad por especie cítrica con la respectiva superficie sembrada. La idea fue representar la susceptibilidad potencial total por entidad federativa con el fin de estimar la capacidad epidémica tomando en cuenta todas las especies de cítricos, las cuales contribuirían con inóculo en función de su susceptibilidad. La conceptualización de estas variables o índices se describe a continuación.

Índice de densidad cítrica relativa a superficie estatal (CitGr)

La densidad del hospedante (hectáreas sembradas) se consideró en primera instancia con respecto a la superficie total por estado, obteniendo un valor en proporción a la cantidad de una especie cítrica. Valores máximos de 1 representarían a un estado donde toda su superficie estuviera cultivada con una especie cítrica en particular.

$CitGr = SupS / SupEdo$, donde:

$SupS$ = Superficie sembrada por tipo de cítrico en hectáreas

$SupEdo$ = Superficie total del estado en hectáreas

Índice de densidad cítrica relativa a superficie agrícola (CitAg)

Este índice representa también la cantidad de una especie cítrica en particular, con respecto a la cantidad de la superficie del estado dedicada únicamente a la actividad agrícola (Mora *et al.*, 1998), y se consideró para representar el área que puede ser inductiva a la ocurrencia de epidemias. En ambos índices se emplea la superficie sembrada, no la cosechada, dado que plantaciones jóvenes aun improductivas pueden también contribuir a la producción potencial de inóculo (Irey, 2009).

$CitAg = SupS / SupAgr$, donde:

$SupS$ = Superficie sembrada (hectáreas) por tipo de cítrico

$SupAgr$ = Superficie agrícola del estado (hectáreas)



Índice de susceptibilidad ponderado (IndScpt)

El índice de susceptibilidad ponderado se integró considerando la susceptibilidad de la especie de cítrico-*i* (Scpt-*j*) con base en la escala de 1 a 3 (altamente susceptible) como factor de ponderación de la superficie sembrada de la respectiva especie-*i* (SupS-*i*) en hectáreas.

$$\text{IndScpt} = \frac{\sum_j (\text{Scpt-}j) (\text{SupS-}i)}{\sum \text{SupS}_i}, j=1 \text{ a } 3, i=1 \text{ a } 6,$$

donde,

Scpt-*i* = Suceptibilidad por especie-*i*

SupS-*i* = Superficie sembrada por especie-*i*

$\sum \text{SupS}_i$ = Sumatoria de la superficie sembrada por especie-*i*

Índice de inductividad climática (IndCli)

Este índice se calculó con base en una combinación lineal de la ponderación de inductividad epidémica del tipo de clima (IEC) con su respectivo porcentaje territorial por entidad federativa (P). La tipología de clima de México se basó en el sistema de Köppen modificado por García (1973) y las proporciones climáticas por entidad federativa se obtuvieron de Mora *et al.* (1998). Debido a que la escala de inductividad epidémica tuvo como referencia el tipo de clima en las regiones bajo presión epidémica de Brasil y a que estas no se rigen por la misma nomenclatura de García (1973), se analizaron las normales de temperatura y precipitación pluvial de San Pablo, Brasil para establecer la correspondencias climáticas (www.inmet.gov.br).

$$\text{IndCli} = \frac{\sum (\text{IECi})(\text{Pi})}{\sum \text{Pi}}$$

donde,

IECi=1 a 3, 1=B,C,E; 2=A(C) y (A)C; 3=Aw(i,w)

Temperatura y precipitación pluvial

En adición al índice climático se incluyó en la matriz la variable temperatura y precipitación pluvial, representada por los datos anuales de temperatura mínima, máxima, promedio y precipitación pluvial, a nivel estado (obtenidas de <http://smn.cna.gob.mx>; <http://cuentame.inegi.gob.mx>); sin embargo, al final su inclusión no probó ser estadísticamente representativa.



V.2.4. Categorización del riesgo epidémico.

La matriz que incluyó las variables antes mencionadas se sometió a un análisis multivariado similar al descrito en la figura V.3, teniendo como objetivo generar, en una primera etapa, los escenarios de riesgo epidémico al HLB por especie citrícola (Figura V.4, y Cuadro V.5) y, en una segunda, asociar dichos escenarios con estimaciones de pérdidas de producción (Cuadro V.5 al Cuadro V.7). La metodología de esta segunda etapa se describe más adelante.

Las gráficas de la figura Figura V.5 representan a los estados del país (caracteres alfanuméricos) en un plano bidimensional conformado por los factores 1 y 2, los cuales concentraron la mayor varianza multivariada (72 a 84%). En general, en todas las especies citricolas, la varianza del primer factor estuvo principalmente explicada por el índice de cantidad citrícola en sus dos representaciones (a nivel de región agrícola y territorio estatal), mientras que la varianza del segundo factor correspondió principalmente al índice climático y en un caso al índice de susceptibilidad. De la interpretación de esta gráfica se desprende que los estados localizados en el cuadrante positivo con respecto a los dos factores son los de mayor inductividad epidémica; por ejemplo, Veracruz y la península de Yucatán con naranja; Veracruz y Michoacán con toronja; Colima con limón agrio; y Veracruz y Tabasco con limón persa.

La discriminación de grupos de estados con similitud de riesgo epidémico sugiere una fuerte heterogeneidad de condiciones para la inducción de epidemias, ocurriendo la mayor dispersión de entidades en dirección del eje del factor clima (factor 2). Así, mientras en un extremo se ubicaron Baja California, Baja California Sur y Zacatecas, con predominancia al clima de tipo B (seco) (Mora et al., 1998), lo que explica el valor de 1 para el índice de inductividad climática desfavorable a la actividad del vector; en dirección opuesta estuvo Veracruz, con un índice de 2.75 de un máximo de 3. La abundancia del hospedante discriminó a principales estados productores de cítricos (Veracruz, Michoacán y Colima), del resto de entidades. La combinación de inductividad climática con la abundancia del hospedero colocó a Veracruz en el nivel de riesgo epidémico más alto para naranja, limón persa y toronja, mientras que Colima quedó en el mismo nivel con limón agrio. Sin embargo, Michoacán, a pesar de sus 36,953 hectáreas cultivadas de cítricos se colocó en el grupo de moderado riesgo, debido a su índice climático de 1.89, contrastando con Colima (28, 225 hectáreas del mismo cítrico) que tuvo un índice de 2.64.

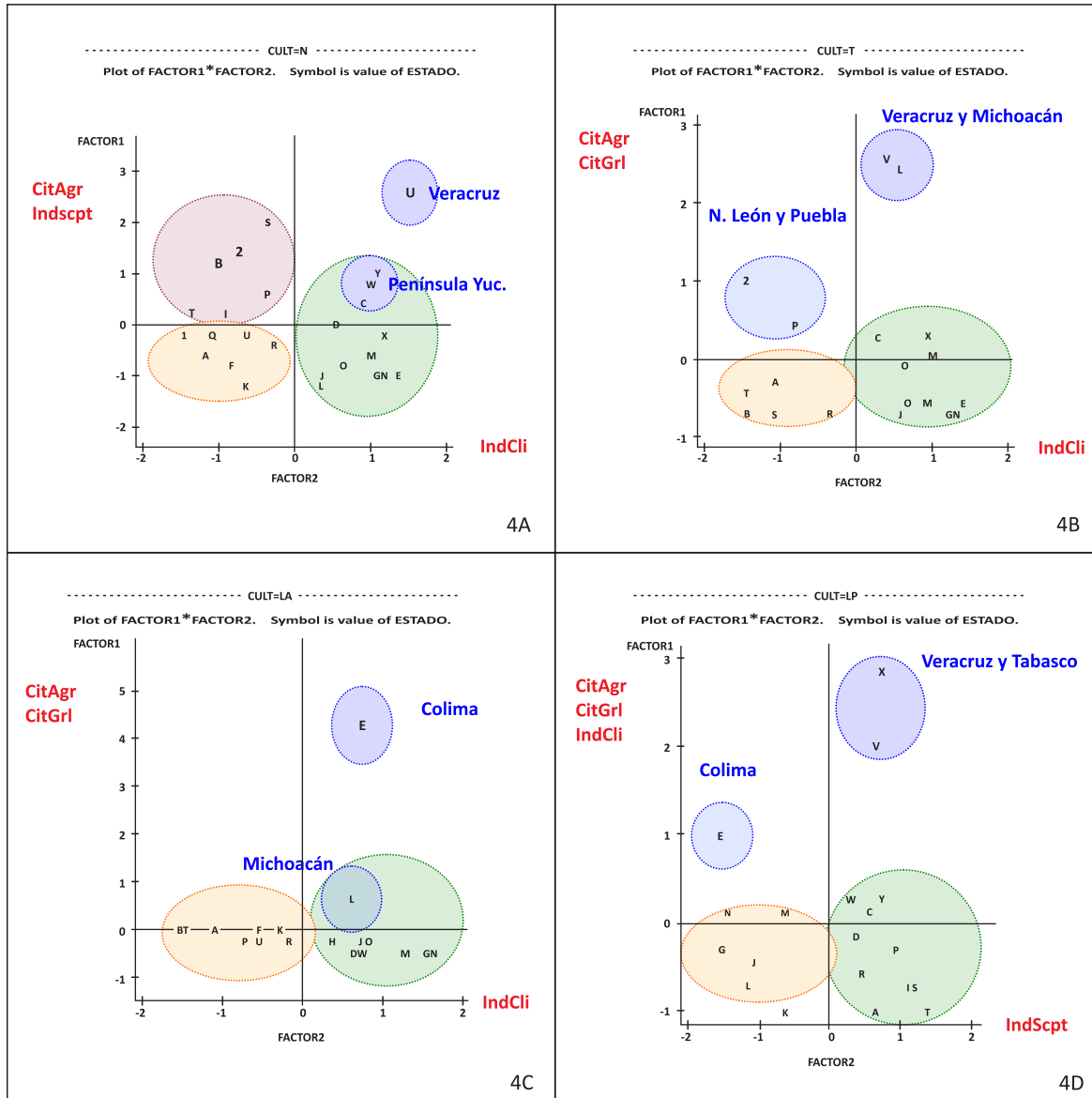
Estos resultados confirmaron que el riesgo epidémico a *C. Liberibacter* spp. en el territorio nacional puede clasificarse en función de dos componentes fundamentales del sistema epidemiológico: el hospedante y el clima. La discriminación de estos componentes en factores distintos, representan dimensiones multivariadas diferentes, sugiriendo que las variables elegidas para representar al hospedante (abundancia y susceptibilidad ponderada) y el clima (índice de inductividad climática) fueron representativas del sistema en estudio.

Debido a que el análisis de conglomerados se basa en distancias euclidianas, en la definición de grupos de estados, el número de conglomerados no se asoció directamente con el nivel de riesgo, sino que se observaron los valores asociados a los factores empleados en la definición de grupos analizando la ubicación de los mismos en el sistema bidimensional de la figura V.5. Así, con excepción del limón agrio donde el número de conglomerados concordó con el nivel de riesgo epidémico, para el resto de cítricos los conglomerados 1 y 2 corresponden al nivel de riesgo moderado y bajo, respectivamente.





Figura V.5 Agrupación de los estados productores de cítricos (siglas alfanumérica) bajo niveles de riesgo epidémico con respecto al HLB, definidos por los factores 1 y 2 del análisis de componentes principales



- 4A. Naranja, varianza total 0.72 (factor 1=0.41, factor 2=0.31).
- 4B. Toronja, varianza total 0.84 (factor 1=0.46, factor 2=0.38).
- 4C. Limón agrio, varianza total 0.84 (factor 1=0.61, factor 2=0.23).
- 4D. Limón persa, varianza total 0.72 (factor 1=0.47, factor 2=0.25).



Los resultados del análisis de riesgo de este estudio se soportan con los focos o brotes detectados de HLB en tres estados de la Península de Yucatán, además de en tres de la región pacífico (Nayarit, Jalisco y Colima) ya que de acuerdo al modelo, las entidades de la Península quedaron ubicadas en la categoría de riesgo moderado para todas las especies cítricas, mientras que Nayarit, Jalisco y Colima de riesgo bajo (al no tener importantes superficies cultivadas de los mismos). Estos resultados reflejan la baja susceptibilidad al HLB atribuible al limón, en sus variedades de agrio y persa. Adicionalmente, se ha observado que el mayor número de brotación vegetativa del limón persa permite la detección del vector con mayor frecuencia debido a la disponibilidad de alimento (Loeza 2010. INIFAP, comunicación personal). Sin embargo, la detección del patógeno en limones en ambas regiones del país (Península de Yucatán y Pacífico) obliga a reconsiderar el supuesto de baja susceptibilidad y sugiere la necesidad de estudios específicos a nivel regional. Los resultados de este estudio, además de aportar un escenario aceptable del impacto del HLB a nivel nacional, permitieron identificar requerimientos de mayor análisis en función de los atributos productivos y epidémicos de las distintas entidades federativas, que proporcionen un diagnóstico de impacto más preciso.

Otras variables asociadas a las condiciones agronómicas del cultivo como la edad y densidad de plantación, o la presencia del vector, no fueron incluidas por falta de disponibilidad de datos a nivel estatal. Aunque dicha información podría ser relevante en estudios de riesgo (Mora-Aguilera, 2000, Mora-Aguilera *et al.*, 2003), los reportes de la amplia dispersión del HLB a nivel regional (www.fundecitrus.com.br/Home/Default.aspx) y los resultados obtenidos de este análisis sobre el proceso epidémico de tipo monomolecular al nivel espacial (figura V.6) indican la existencia de un proceso ´explosivo´ dependiente de fuentes simultáneas de infección primaria, por lo que la diversidad de condiciones agronómicas generalmente existentes a nivel regional, no es aparentemente restrictiva para la ocurrencia epidémica. El vector, sin embargo, si tiene un rol determinante cuando el inóculo está presente. *D. citri* se reportó en Brasil en 1942 (Lima, 1942) sin consecuencias epidémicas hasta la ocurrencia del patógeno en el 2004 (www.fundecitrus.com.br/Home/Default.aspx). Si bien el vector *D. citri* está prácticamente presente en todas las regiones cítricas de México (www.senasica.gob.mx/?=1013), no existen datos formales documentados a nivel estatal, que hubieran permitido la inclusión de esta variable de manera directa en el modelo; sin embargo, a través del índice de inductividad climática, la propensión y actividad del vector (capacidad de adquisición y transmisión del patógeno) se incluyó en el presente estudio de manera indirecta (Mora *et al.*, 2010), así como, las condiciones asociadas a la patogénesis de *C. Liberibacter* fueron implícitamente incorporadas en el índice de clima incorporado.



V.2.5. Estimación de pérdidas de producción bajo un criterio epidémico

En la estimación de pérdidas potenciales la idea fue explotar el carácter sistémico de la enfermedad, asociando datos de incidencia (no de severidad) a las pérdidas de producción (Mora *et al.*, 2010). Sin embargo, debido a la diversidad regional del país, en el enfoque requerido en este trabajo se excluyó el efecto crónico o de endemidad de una infección, mismo que se ha comprobado en varios patosistemas sistémicos (Mora *et al.*, 2010; Alamilla *et al.*, 1999; Mora-Aguilera *et al.*, 1995. Mora *et al.*, 1990). Es decir, la pérdida de producción atribuida a un patógeno sistémico depende del tiempo de infección en la planta, la cual con una infección vieja (ej. cinco años) tendrá mayores pérdidas que una con un año de infección. Por esta razón, aunque las

estimaciones de pérdidas se realizaron para escenarios epidémicos de uno, tres y cinco años (tiempo después de iniciada la epidemia potencial en México), las de tres y cinco años son más representativas. La consideración de infección crónica *sensu* Mora y colaboradores (Mora *et al.*, 2010) se incorporó de manera indirecta en este trabajo (debido a la falta de datos publicados que soporten dicha situación), adaptando, para el caso de naranja, el dato de pérdida asociado a incidencia, reportado por Bassanezi y colaboradores (2009).

V.2.6. El modelo de temporalidad

La premisa requerida para asociar la incidencia con pérdidas de producción fue encontrar un modelo de temporalidad que estimara la incidencia del HLB, con aceptable precisión estadística. Dicho modelo tendría que ser estimado a nivel regional, más que a nivel parcela, pues a este último nivel las epidemias reportadas son de alta intensidad debido al carácter fuertemente agregado y por la mayor evidencia de inóculo local (ej. proveniente de parcelas vecinas) tal como se muestra en la presencia de efecto de bordo (Batista *et al.*, 2009; Belasque *et al.*, 2009; Su *et al.*, 2008), lo que tendería a sobreestimar la condición regional del HLB. Si bien, idealmente, el modelo debería considerar una integración regional, intra-regional y parcela; en este trabajo, cuidando la calidad de los datos disponibles, se decidió realizar el análisis únicamente a nivel de región.

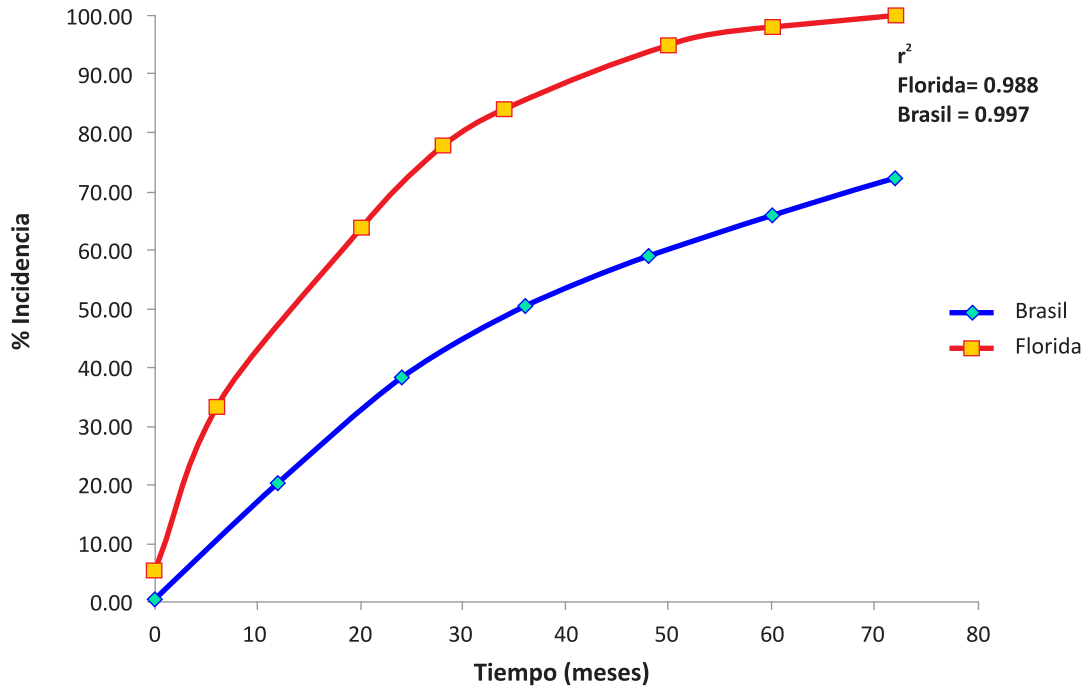
Los datos empleados para alimentar el modelo regional se obtuvieron de la interpretación gráfica de mapas de dispersión del HLB a nivel de municipios con presencia (o ausencia) de la enfermedad en Sao Paulo, Brasil y Florida, E.U. Para el caso de Brasil, los mapas disponibles correspondieron a los periodos 2004-2006 y 2008-2009, de los cuales se estimó el número total de municipios infectados por año (www.fundecitrus.com.br/home/default.aspx); mientras que para Florida, E.U., los mapas fueron del periodo 2005-2008 (Irey, 2009), e incluyeron el número de condados infectados por año. Una vez identificados los municipios o condados con presencia de la enfermedad, se calculó el porcentaje de incidencia de los afectados de donde se generó la gráfica temporal de la Figura V.6. Para los años faltantes (2007 y 2010 en Brasil y 2009-2010 en Florida, E.U.) se calculó la incidencia mediante la exploración e interpolación gráfica, sin afectar la forma de la curva, y buscando incrementar los grados de libertad para el ajuste de los modelos estadísticos.

La forma de la curva sugirió la inclusión del modelo de Weibull, aunque también se probaron modelos que consideraran la presencia de una asíntota superior como el logístico y Gompertz. Cuando fue necesario se realizó el ajuste por Y_{\max} (Mora *et al.*, 2010), utilizando los modelos siguientes en su versión no lineal (Mora *et al.*, 2010; Jesus Junior *et al.*, 2004):

- a) Modelo Weibull
$$y = 1 - \exp(-((t/b)^c))$$
- b) Modelo Logístico
$$y = 1 / (1 + ((1 - y_0) / y_0) \exp(-r_1 t))$$
- c) Modelo Gompertz
$$y = \exp(-(-\log(y_0)) \exp(-k_g t))$$
- d) Modelo Monomolecular
$$y = 1 - (1 - y_0) \exp(-r_m t);$$



Figura V.6 Progreso epidémico del HLB a nivel regional²³



Con fines de simplificación y debido a la precisión de ajuste ($>R^2=0.99$), en este trabajo se optó por emplear los resultados del modelo de Weibull, con lo cual eventualmente se podrían ajustar procesos epidémicos de otros niveles de integración espacial (intraregional y parcela) con formas de curva diversa, permitiendo la integración de un solo modelo en el cálculo de la incidencia del HLB. Además, por la estructura de los datos y de acuerdo a los resultados de los análisis exploratorios, el Modelo de Weibull resultó ser el más adecuado.



V.2.7. La cuantificación de pérdidas de producción bajo los escenarios de riesgo establecidos

El proceso seguido consistió en los siguientes pasos:

1. Con base en la *matriz primaria* integrada a nivel municipal, se contabilizó el total de municipios por entidad federativa, incluyendo la variable estado en la *matriz base* integrada.
2. En la *matriz base* se programaron los dos modelos de Weibull resultantes de los escenarios regionales de Brasil y Florida, E.U. y con base en la tasa epidémica ($1/b$) y el valor de Y_{max} se consideró a la epidemia de Florida como la de mayor intensidad; sustituyendo los parámetros estimados de B y C en la ecuación de arriba.

²³ Fuente: autores con datos publicados. La incidencia muestra municipios con presencia de HLB indistintamente del nivel de severidad

3. Se estimó la incidencia (Y) de municipios con HLB por entidad federativa y por especie cítrica a diferentes horizontes de tiempo (t), asignando para la variable t valores de 12, 36 y 60, los cuales corresponden a las unidades mensuales de tiempo correspondientes a proyecciones de pérdidas para 1, 3 y 5 años. El resultado del modelo (incidencia en proporción) se multiplicó por el número de municipios por entidad federativa para estimar aquellos con presencia de HLB en los distintos horizontes de tiempo. Se consideró un horizonte máximo de 5 años a fin de no exceder los escenarios de tiempo del ajuste original de los modelos, y tomando en cuenta la información publicada de que entre los 5 y 8 años se puede tener una indicación del impacto epidémico de *C. Liberibacter* (Irey, 2009; www.fundecitrus.com.br/home/default.aspx).
4. Se calculó la producción promedio (toneladas) por municipio de cada entidad federativa y por especie cítrica, dividiendo la producción cítrica del estado entre el total de municipios, a fin de estimar la producción correspondiente a los municipios (Y) que potencialmente podrían presentar el HLB.
5. Las categorías de riesgo epidémico por especie cítrica (Figura V.5) se emplearon para definir el modelo epidemiológico a aplicar en la estimación del nivel de incidencia de municipios con HLB para cada entidad federativa. Así, se tomaron los valores (Y) de Brasil como escenario de riesgo bajo y los de Florida E. U., para moderado y alto. Para el caso de naranja, Veracruz quedó categorizada bajo alto riesgo, aplicándole al modelo correspondiente las condiciones de Florida. Lo anterior es válido bajo el enfoque de epidemiología comparativa y dada la ausencia de datos sobre epidemias endémicas en México.
6. Finalmente, se determinó la pérdida potencial por categoría de riesgo (bajo, moderado y alto) para los valores de t , de acuerdo a la modificación propuesta con los resultados de Bassanezi y colaboradores (2009).

Los resultados de pérdidas potenciales a uno, tres y cinco años posteriores al ingreso y establecimiento del patógeno en el país se presentan en el Cuadro V.6 y el Cuadro V.7. Los cuadros representan las pérdidas porcentuales en producción de los cítricos en un ciclo anual, asumiendo que los árboles enfermos continúan en un esquema productivo bajo condiciones agronómicas convencionales, sin esquemas de control del vector ni de erradicación de la enfermedad. Los niveles de riesgo epidémico se categorizan en bajo, moderado y alto, después del ingreso y establecimiento de *C. Liberibacter* en territorio mexicano, los cuales generan niveles de pérdida de producción no lineales (geométricos) debido al modelo de temporalidad epidemiológico asumido.

Como se observa en el Cuadro V.6, frente a un riesgo a nivel nacional donde concurrirían en tiempo entidades federativas con epidemias a tres grados de intensidad distinta (alta, moderada y baja) el porcentaje combinado de pérdida sobre la producción total de cítricos respecto al HLB sería de un 14%, equivalente a un millón de toneladas, al año de establecido el patógeno; de 24% (1.7 millones de toneladas) a tres años; y de 41% (casi 3 millones de toneladas de fruto) a cinco años.

En este estudio se considera establecido el patógeno cuando los árboles positivos o focos de infección no son erradicados y, por tanto, contribuyen a la aparición de nuevos focos (inóculo secundario), iniciando la epidemia su fase de alta intensidad y por consiguiente, hablando en términos espaciales, se encontraría una fuerte agregación de árboles positivos, lo que indicaría que la enfermedad está en su fase de establecimiento, producto de una carga de inóculo muy alta por procesos de reinfección. Aún cuando en esta etapa se llevara a cabo la erradicación de los árboles enfermos, ya no sería efectivo para detener la epidemia porque a la par se estarían desarrollando diversos procesos de patogénesis y dispersión.



Cuadro V.6 . Pérdidas potenciales de producción promedio de cinco especies cítricas frente al HLB

PERDIDAS POTENCIALES		
Al año	Ton eladas	Porcentaje de la producción
1	1,010,655	14%
3	1,740,375	24%
5	2,975,546	41%

Finalmente, desagregando las pérdidas por especie cítrica en los tiempos y niveles de riesgo epidémico (Cuadro V.7), la pérdida en producción en términos de volumen, sería mayor para naranja, toronja y limón mexicano a cinco años de establecida la enfermedad (*C. Liberibacter spp.*) y suponiendo que no se tomaran acciones de control o erradicación. Por ejemplo, la pérdida para naranja sería de 434,854 toneladas frente a un escenario de riesgo bajo, de 1.5 millones de toneladas ante un riesgo moderado y de 2 millones de toneladas ante un riesgo alto.

Cuadro V.7. Pérdidas potenciales de producción por especie cítrica

Especie	Pérdidas potenciales a 5 años de establecido el patógeno Toneladas bajo niveles de riesgo		
	Bajo	Moderado	Alto
Limón mexicano	50,643	142,645	210,289
Limón persa	31,287	44,397	182,066
Limón italiano	789	5,505	22,384
Naranja	434,854	1,491,120	1,963,064
Mandarina	2,544	10,777	60,303
Toronja	42,542	82,409	259,601
Total cítricos	562,659	1,776,853	2,697,707



VI

EVALUACION DE LOS IMPACTOS ECONOMICOS DEL HLB EN LA INDUSTRIA CITRÍCOLA MEXICANA

Una vez estimados los escenarios de riesgo que traería consigo la enfermedad del HLB a la producción primaria de los cítricos, el siguiente paso fue realizar un análisis de sensibilidad que considerara dichos riesgos en la evaluación de impactos a la etapa industrial cítrica del país, en donde diferentes tipos de empresas agregan valor a los frutos frescos.

VI.1. Metodología

La metodología utilizada en la cuantificación de los impactos a nivel agroindustria consistió en las siguientes etapas: 1) la identificación de las características de la agroindustria; 2) la determinación y búsqueda de información requerida sobre la agroindustria que permitiera cumplir con el objetivo planteado; 3) el diseño de un cuestionario para recabar la información no disponible; 4) la realización de un muestreo estadístico estratificado que permitiera seleccionar a los estados y empresas por encuestar; 5) la aplicación de los cuestionarios a las empresas industrializadoras de cítricos para capturar la información requerida, y 6) la generación de los indicadores técnicos con base en los datos obtenidos de 2008. Con estos últimos y tomando en cuenta los escenarios de riesgo de pérdida de cítricos a nivel producción primaria (presentados en el capítulo V), se cuantificaron los impactos que traería consigo la enfermedad del HLB a la agroindustria mexicana (Figura VI.1).

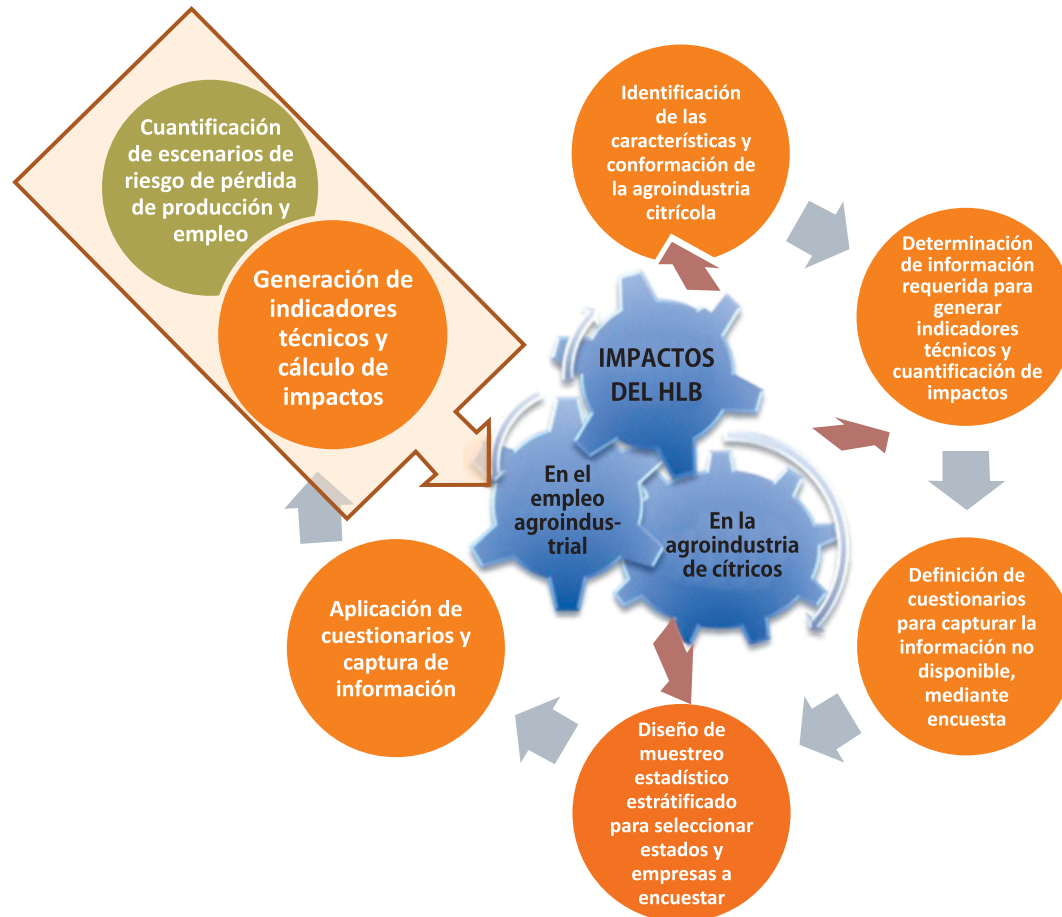
VI.1.1. Características de la agroindustria cítrica nacional

Para México, tanto la producción como el procesamiento y las exportaciones de cítricos son de gran importancia económica y social. Según datos de SAGARPA, en 2008 se cosecharon alrededor de 540 mil hectáreas de cítricos que generaron 7.4 millones de toneladas con un valor de 9,838 millones de pesos. En superficie cultivada destaca Veracruz con un 42% (30 % del valor de la producción); San Luis Potosí, con 9% de la superficie y 4% del valor; Tamaulipas, 8% (10% del valor); Michoacán, 8% (9% del valor); Nuevo León 6% (5% del valor); y Colima 5% de superficie con 19% del valor de la producción. Citrofrut estimó que en 2003 existían alrededor de 65 mil productores dedicados al cultivo de cítricos en el país y cerca de 50 mil empleos permanentes al año, requiriéndose tan sólo en la cosecha más de 5 millones de jornales, equivalentes a alrededor de 16 mil empleos de tiempo completo.

La agroindustria juega un papel importante en la adición de valor y preservación de la calidad del producto, además de la mano de obra que genera mediante sus procesos. De acuerdo con información de la FAO (2007), México destina al procesamiento de cítricos menos del 15% del total de su producción nacional, destacando por orden de importancia la naranja, el limón verdadero (*Citrus lemon L.*) y el limón agrio; en menor medida se procesa toronja y mandarina. México, exporta principalmente en fresco el limón persa cuyo principal destino es Estados Unidos. Se estima que existen más de 200 empacadoras o beneficiadoras de fruta fresca y 25 plantas procesadoras, las cuales destinan su producción al mercado interno y a la exportación.



Figura VI.1 Metodología seguida en la cuantificación de impactos a la agroindustria



A través de la exportación, México captó 505 millones de dólares en 2008, destacando por su importancia los jugos que aportaron el 48% del valor total, la fruta fresca 35%, los aceites esenciales el 11%, las pectinas 3% y el resto las cascarás deshidratadas y otros (SIAP-SAGARPA, 2009). Los 505 millones de dólares representaron el 3% de las exportaciones agroalimentarias.

Por lo anterior, el ingreso y establecimiento de la enfermedad del HLB en México tendría impactos económicos no solamente en la actividad productiva primaria de los cítricos, sino también en la agroindustria y empresas relacionadas. Según Sparks (2008), una infestación de la enfermedad del 5% puede afectar el 20%, 40% y hasta 80% de la producción cítrica en un periodo de cuatro años, con el riesgo de que Florida, E.U., pierda alrededor de 9,300 millones de dólares y 76 mil empleos; mientras que de acuerdo al "Center for North American Studies, Department of Agricultural Economics", de la Universidad de Texas A&M (2007), los impactos económicos directos al productor de cítricos se multiplican por 2 hacia otros sectores relacionados en forma directa e indirecta, pudiéndose reducir el valor de la producción cítrica un 20% después de 2 años de infestación y hasta en 60% al cabo de 5 años, afectando con ello 688 empleos directos en campo y 162 indirectos en la industrias y servicios relacionados con la citricultura del estado de Texas.



VI.1.2. Información requerida

Para el análisis de la agroindustria se consideró tanto la información oficial publicada como la obtenida directamente de las empresas emparadoras, cepilladoras, enceradoras, comercializadoras y procesadoras de cítricos, mediante una encuesta basada en un muestreo probabilístico. A partir de la información publicada se obtuvieron datos de producción, procesamiento, consumo interno y exportaciones de cítricos frescos y algunos procesados para el periodo 2000-2008, a fin de identificar tendencias y vislumbrar los escenarios a mediano y largo plazo. Sin embargo, no existe información disponible al nivel de detalle que se requería. Por ejemplo, los censos industriales publicados por el INEGI sólo manejan información agrupada para los subsectores que elaboran concentrados polvos, jarabes y esencias de sabor para refrescos, donde ubican a los jugos o concentrados de naranja.

Los datos capturados durante la encuesta correspondieron al año de 2008 y los parámetros de interés asociados a la agroindustria citrícola mexicana se estimaron tomando como base los resultados del muestreo probabilístico estratificado.

VI.1.3. Definición del cuestionario

Se diseñó un cuestionario para obtener la información requerida para el análisis de sensibilidad, el cual se aplicó, mediante la encuesta, a las empresas y estados representativos. La información a obtener incluyó cifras sobre:

- Los costos/precios de materias primas (cítricos frescos como naranja, limón, toronja y mandarina).
- Cantidad y costo de insumos, servicios y personal ocupado en la etapa de procesamiento (tanto operativo como administrativo).
- Materiales para envase, empaque y embalajes.
- Volúmenes y valores de los productos procesados.
- Exportaciones de los frescos con valor agregado (ej. limón persa cepillado) y los industrializados como jugos simples y concentrados, aceites esenciales, cáscara deshidratada y pectinas.
- Capacidad instalada y utilizada de las empresas agroindustriales.
- Costos de transporte (tanto de materia prima como de producto terminado) y de energía.



VI.1.4. Diseño del muestreo estadístico

Con base en la importancia que tienen los estados del país en la producción y procesamiento de los cítricos, se identificó la ubicación espacial de los estados productores e industrializadores de los mismos, estratificando mediante muestreo probabilístico a los más representativos en cuanto a volumen de producción y procesamiento, definiendo como representativos para aplicar la encuesta a las empresas emparadoras y plantas procesadoras de Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Colima y Michoacán. En los estados de la región Golfo se localiza la producción y procesamiento de naranja, limón persa, limón verdadero o italiano, mandarina y toronja; mientras que en los estados del Pacífico de limón agrio o con semilla (también conocido como limón mexicano).

Dado que los resultados del presente análisis sirvieron para corroborar y especificar los datos en la matriz insumo-producto, NAID-IMPLAN, sobre las relaciones establecidas entre los diferentes sectores de la economía mexicana con el sector primario y, en particular, con el cítrico, dichos frutos se agruparon en dulces (naranjas, mandarinas y toronjas) y agrios (limones con semilla, persa e italiano) para facilitar el análisis de la cadena cítrica en su conjunto.

De acuerdo con el Cuadro VI.1, el estrato "I" lo representaron los cítricos agrios y el "II", los cítricos dulces.

Cuadro VI.1 Estratos utilizados en el muestreo probabilístico

Estrato	Tipo de cítrico
I	Agrio
II	Dulce

La unidad de muestreo quedó representada con las agroindustrias que procesan cítricos de alguno de los dos tipos indicados, y el marco de muestreo consistió en un conjunto de N=180 agroindustrias, cada una de las cuales pertenece a uno, y sólo uno, de los dos estratos.

El cálculo del tamaño de muestra se efectuó utilizando información de la variable "capacidad de proceso instalada por día de la agro-industria" (t/día). Con una precisión y confiabilidad respectivas de $d=10\text{Ton/día}$ y $1-\alpha=0.95$, y estimación de la varianza de $\sigma^2=1740(\text{Ton/día})^2$, el tamaño de muestra mínimo que satisfizo el requerimiento:

$$P(|\xi - \hat{\xi}| > d) \leq \alpha, \text{ es } n=49 \approx 50.$$

donde, ξ , representa el parámetro y $\hat{\xi}$ se refiere al estimador de tal parámetro.

De acuerdo con lo anterior fue suficiente muestrear 50 agroindustrias para obtener los niveles de precisión y confiabilidad indicados.

El número de unidades muestreadas en cada uno de los dos estratos se muestra en el Cuadro VI.2. Las dos unidades adicionales a las mínimas requeridas se muestrearon por conveniencia para el estudio y facilidad operativa en el trabajo de campo.

Utilizando las expresiones para los estimadores de totales y/o promedios respectivos se calcularon las estimaciones de las variables de interés.



Cuadro VI.2 Tamaño de la muestra por estrato

Estrato	Número de unidades muestreadas
I	30
II	22

VI.1.5. Aplicación del cuestionario e información capturada

La información capturada de las encuestas fue validada y depurada para evitar faltantes o incongruencias, facilitando el cálculo de los indicadores necesarios para estimar las pérdidas potenciales y cuantificar los indicadores técnicos del acondicionamiento y/o transformación relacionados con la materia prima procesada; los productos obtenidos y precios de venta.

De la información obtenida se deduce que la agroindustria de los cítricos en México está conformada por los procesos de acondicionamientos de los frutos frescos, la extracción de jugos y aceites esenciales, la deshidratación de la cáscara y la obtención de pectina a partir de la cáscara. A los productos generados se les dan diferentes usos, como la elaboración de bebidas refrescantes con los jugos y concentrados, ingredientes de refrescos que se obtienen de los aceites esenciales, insumos para perfumería, fragancias y productos de limpieza a partir de los aceites esenciales y pectinas para la elaboración de jaleas, mermeladas y “yoghurts” dietéticos o “light”; con el auge de los productos dietéticos alimenticios, las pectinas han tenido un incremento de demanda muy significativo.

La dinámica de la producción agrícola responde a la demanda de las frutas y sus derivados en el mercado nacional e internacional. Las diferentes especies de cítricos son demandadas por los mercados en presentaciones diversas; por ejemplo, el limón persa se destina principalmente a la exportación (Estados Unidos) como fruto fresco, mientras que el limón con semilla o mexicano se consume en fresco en el mercado nacional y también se procesa en jugo y aceite esencial; estos últimos se comercializan tanto en el país como en el exterior. Los cítricos dulces (naranja, toronja y mandarina) se consumen, en su mayoría, como frutas frescas en el mercado nacional y, en menor medida, van a procesamiento industrial para la obtención de jugos, aceites esenciales y cáscaras deshidratadas. El principal destino del limón italiano es el procesamiento, aunque tiene grandes perspectivas de exportación en fresco porque es la especie más comercializada en el mercado internacional.

Con base en la información obtenida, se estimaron los costos de los insumos, el valor los productos, los costos de transporte de materias primas y productos, así como los empleos directos generados para toda la agroindustria. Para facilitar el análisis de los costos y el valor de los productos, estos se refirieron a una tonelada de materia prima, tanto de cítricos dulces como de cítricos agrios. Con los datos de 2008 se evaluaron los costos de los insumos (materias primas; envases plásticos, de madera, metálicos y de papel; de la energía; y de los combustibles, entre otros), se cuantificó el valor de los productos procesados (fruta envasada, jugos, aceites esenciales, cáscara deshidratada, etc.) y se estimó la cantidad y costo de la mano de obra directa (utilizada en la agroindustria) así como los costos de transporte de la materia prima y de los productos terminados.



VI.2. Producción y destino de los cítricos

Como se muestra en el VI.3, la producción de cítricos dulces en 2008 fue de 4.8 millones de toneladas, siendo la naranja el fruto más representativo de este grupo de cítricos con una participación del 87%, seguida de la toronja con 8% y en menor medida la mandarina y lima. De los cítricos cosechados y comercializados es común una merma del 10%, aunque en el proceso completo hasta el consumidor final el porcentaje puede ser mayor. Se identificó que el 23% de los cítricos dulces se procesa en jugos y gajos, mientras que el resto (67%) se comercializa en fresco.

Cuadro VI.3 Producción y destino de los cítricos dulces en 2008²⁴

Cítricos dulces	Producción (ton)	Destino de la producción			
		Mermas	Venta a granel	Acondicionamiento	Industria
Lima	13,970	1,397	4,191	3,382	5,000
Mandarina	221,652	22,165	66,496	127,891	5,100
Naranja	4,234,278	423,428	1,270,283	1,491,018	104,959
Toronja	375,390	37,539	112,617	159,234	66,000
Total cítricos dulces	4,845,290	484,529	1,453,587	1,781,525	1,125,649
	100%	10%	30%	37%	23%

Por lo que respecta a los cítricos agrios, su producción en 2008 fue de 2 millones de toneladas, siendo el limón mexicano o con semilla el que aportó el mayor volumen, 1.28 millones de toneladas, equivalentes al 64%; seguido por el limón persa y en menor medida el limón italiano. El destino de la producción de limón mexicano es, en primera instancia, los empaques que procesan un 56%, la agroindustria que transforma el 20% y los compradores a granel que absorben el 13% restante (Cuadro VI.4).



²⁴ Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2009.

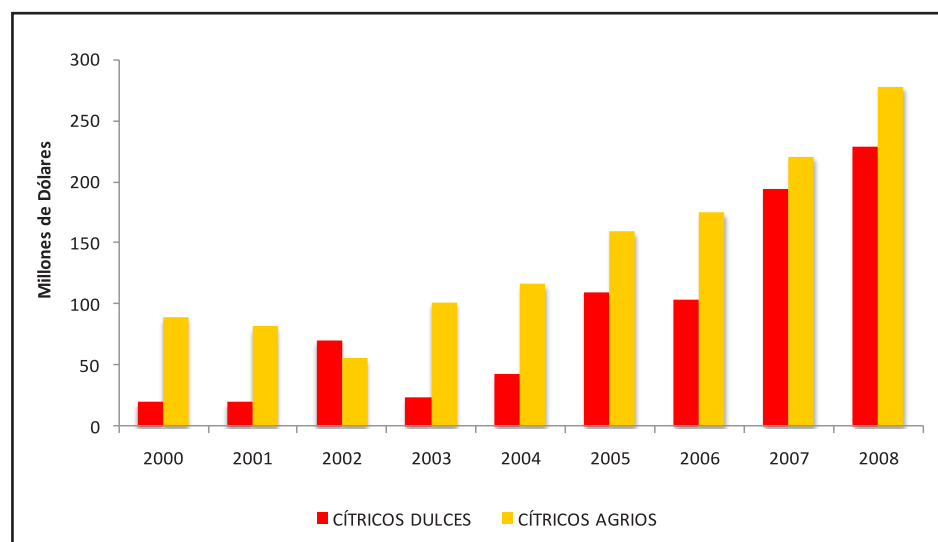
Cuadro VI.4 Producción y destino de los cítricos agrios en 2008²⁵

Cítricos agrios	Producción (ton)	Destino de la producción			
		Mermas	Venta a granel	Acondicionamiento	Industria
Limón Mexicano	1,277,858	127,786	255,572	3594,501	300,00
Limón Persa	654,855	68,485		523,884	65,485
Limón Italiano	468,490	6,849		14,226	47,415
Total cítricos agrios	2,001,203	200,120	255,572	1,132,611	412,900
	100%	10%	13%	56%	21%

VI.3. Mercado de los cítricos y sus derivados

El destino principal de los frutos cítricos es el mercado nacional para consumo en fresco, siguiéndole en importancia las exportaciones de los productos procesados como los jugos concentrados congelados, aceites esenciales y pectinas, así como el limón mexicano en fresco cuyos principales mercados son Estados Unidos, Francia y Japón. En la Figura VI.2 se observa el comportamiento del valor de las exportaciones de cítricos frescos y sus derivados durante el periodo 2000-2008, destacando la tendencia creciente de los cítricos agrios a partir de 2002, y un marcado incremento en los dulces en los últimos años (34% anual promedio durante el periodo).

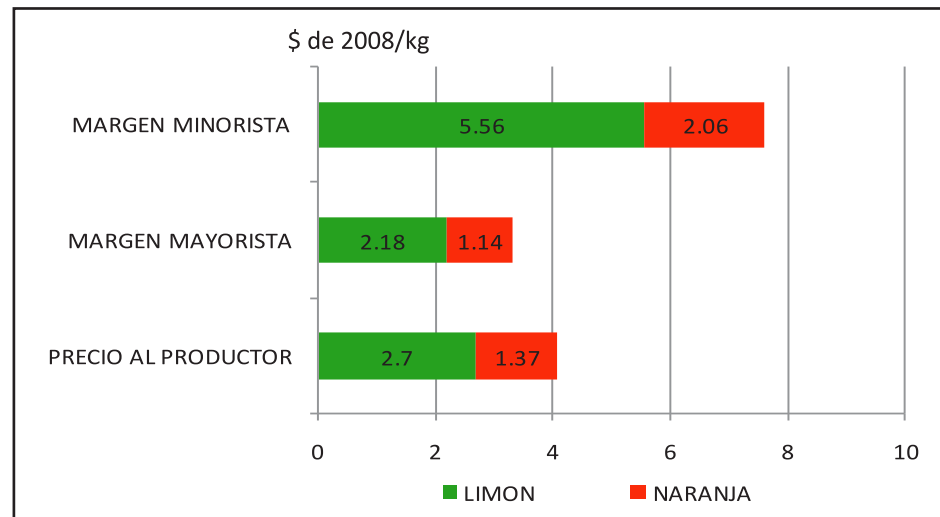
Figura VI.2 Comportamiento del valor de las exportaciones de cítricos y sus derivados



²⁵ Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2009.

Los precios promedio de venta en las centrales de abasto mexicanas en 2008 fueron más bajos para naranja que para el limón mexicano de alta calidad. Los márgenes de comercialización del limón agrio o mexicano también superaron los de naranja (Figura VI.3).

Figura VI.3 Márgenes de comercialización en el mercado nacional en 2008



VI.4. Los procesos agroindustriales

Se identificaron 215 agroindustrias relacionadas con el acondicionamiento y procesamiento de cítricos, de las cuales 97 correspondieron a los procesos de acondicionamiento e industrialización de los cítricos dulces (naranja, toronja, mandarina y lima) conformados por cepilladoras, enceradoras y empaques; y las 118 restantes a los empaques, industrias extractoras de jugos y derivados, deshidratadoras de cáscara y plantas extractoras de pectina cítrica de las tres variedades de limón: el mexicano, persa o sin semilla, y el italiano (Cuadro VI.5).

Aunque a la fecha existen compradores de naranja y limón mexicano a granel en las zonas de producción, estos cítricos se comercializan sin ningún tipo de acondicionamiento, los procesos de adición de valor en la industria cítrica mexicana están presentes desde el simple cepillado hasta los más complejos como la obtención de pectina cítrica. A continuación se describen los procesos agroindustriales más empleados.

Cepillado: Este proceso de acondicionamiento de cítricos dulces, principalmente de naranja, consiste en hacer pasar los frutos por unos cepillos para limpiarlos y pulirlos, dándoles una mejor presentación, aprovechando la cera natural del fruto.

Encerado: Consiste en adicionar una cera grado alimenticio a los cítricos dulces para reducir la deshidratación del fruto y darle una mejor presentación. Después del cepillado y encerado los frutos se manejan generalmente a granel, separando con tablas las capas de frutos en las cajas de los vehículos que transportan los cítricos a los centros de abasto (generalmente "Torton" o "Trailer" con capacidades de 16 a 30 toneladas).



Cuadro VI.5 Empacadoras e industrializadoras de cítricos en México²⁶

Concepto	Colima	Michoacán	Veracruz	Nuevo León.	Tamaulipas	Otros	Total
Empaque limón con semilla.	19	26				4	49
Empaque limón sin semilla.	1		42			4	47
Empaque de limón italiano.					2	1	3
Acondicionamiento de naranja, toronja,		1	63	9	8		81
Industrias de limón mexicano.	6	6				2	14
Deshidratadora de cáscara.	1	1	1				3
Extracción de pectinas cítricas.	1						1
Industrias de naranja.			3	4	2	3	12
Industrias de naranja gajeras.			1	3			4
Industrias de limón italiano.						1	1
Total	28	34	110	16	12	15	215

Empaque: A diferencia del cepillado y encerado, el empaque lo realizan empresas más formales que generalmente agregan otro valor al cítrico, estando conformada cada línea de proceso por tolvas de recepción de frutos, selección, lavado, secado, encerado y envasado. Algunas empacadoras cuentan también con laboratorios de control de calidad y sistemas de pre-enfriamiento para conservar la calidad del producto. Los envases que comúnmente emplean las empacadoras son cajas de madera, de plástico, de cartón así como arpillas de plástico.

Extracto de jugos y aceites: Estos procesos de manufactura son más complejos e implican la utilización de equipo y operaciones especializadas en la obtención de jugos, aceites esenciales, cáscara fresca y deshidratada. De los cítricos dulces (naranjas, mandarinas, toronjas) se obtienen jugos concentrados, jugos simples, aceites esenciales y cáscara deshidratada; mientras que de los cítricos agrios (limón mexicano, limón italiano y limón persa) se generan aceites esenciales destilados y centrifugados, jugo concentrado y cáscara fresca o deshidratada.

Deshidratación de cáscara: Varias de las plantas extractoras de jugos y aceites tienen integrado el proceso del secado de cáscara. Se identificaron tres plantas que realizan la deshidratación de cáscara, dos de las cuales también extraen pectinas; estas agroindustrias compran cáscara fresca de otras plantas para complementar su abastecimiento. El proceso de deshidratación incluye la eliminación de impurezas y azúcares mediante varios lavados de la cáscara, escurrimiento y prensa para reducir su contenido de agua y finalmente pasa al deshidratador, el cual es, generalmente, de tipo tambor rotatorio.

Extracción de pectinas: Este es un proceso especializado que consiste en extraer la pectina de la cáscara del cítrico. En la primera etapa se extrae una solución concentrada de pectina de la cáscara del limón mediante el



²⁶ Fuente: Elaboración propia con datos del SIACON, 2009.



control del pH y la temperatura; en la segunda, se le eliminan los iones metálicos a dicha solución, antes de realizar la precipitación con etanol; en la tercera, se separa el etanol de la pectina precipitada, recuperándolo para su reutilización; y finalmente en la cuarta, se deshidrata y reduce de tamaño para venderla en diferentes presentaciones y calidades dependiendo del destino a que vaya dirigida, el cual puede ser la industria alimentaria o la farmacéutica.

VI.4.1. La clasificación de actividades industriales involucradas

A fin de ubicar a las actividades agroindustriales arriba señaladas dentro del esquema de clasificación oficial, y de acuerdo con la Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN en español o NAICS en inglés), publicada por el INEGI en 2008, las cepilladoras, enceradoras y empacadoras de cítricos se ubican dentro del sector de “actividades primarias”, con el número de clasificación 115113, correspondiente al beneficio de productos agrícolas (en Estados Unidos de Norteamérica el número de clasificación es 115115). La mayoría de las agroindustrias relacionadas con el procesamiento de los derivados de los cítricos se clasifican como industria alimentaria (311) a excepción de las que extraen aceites esenciales que se clasifican dentro de la industria química (325).

Con relación al origen de los insumos que utiliza la agroindustria, se encuentra principalmente el sector primario, de donde proviene la materia prima o cítricos frescos (1113); el sector manufacturero en el abastecimiento de envases de madera (321), de cartón (322), de plástico (326), metálicos (332), así como de ceras y detergentes (325); el sector servicios en el abastecimiento de energía (221), agua (222), combustibles (324), transporte terrestre (484), y servicios médicos y hospitalarios (621, 622). Por otro lado, los productos generados por la agroindustria se destinan al sector primario (11), a la industria de alimentos y bebidas (311 y 312) y a la industria química (325).

VI.4.2. Los procesos de acondicionamiento

La capacidad instalada y utilizada de las plantas varía de acuerdo con la especie de cítrico y a los tipos de procesos agroindustriales que lleven a cabo. De acuerdo con la información capturada mediante la encuesta, en los empaques de limón mexicano, por ejemplo, la capacidad utilizada es del 38% al 40%, con capacidad media instalada de 35 mil toneladas anuales por empaque; mientras que en limón persa y limón italiano la utilizada está entre el 64% y 79% con media instalada de 20 mil toneladas al año. En el acondicionamiento de cítricos dulces la capacidad utilizada está en el rango del 77%-81% con capacidad media instalada de 27 mil toneladas al año por planta. La capacidad utilizada en la industria procesadora es del 40% para limón mexicano y 53% para naranja, con capacidades medias instaladas de 73 mil toneladas anuales por planta.

Por otro lado, los ingresos brutos respecto al valor del producto (IB/VP) representaron del 21% al 36% en las agroindustrias de acondicionamiento, el 30% en las plantas procesadoras de cítricos dulces y el 35% en plantas procesadoras de limón mexicano.



VI.5. Generación de indicadores técnicos y evaluación de impactos

A partir de la información capturada, tanto de fuentes publicadas como de los cuestionarios aplicados a las empresas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) y transformadoras (extractoras de jugos, aceites esenciales, deshidratadoras de cáscara y extractoras de pectina), se estimaron los indicadores técnicos para cítricos dulces y cítricos agrios a 2008. Los indicadores cuantificados fueron determinados a partir de los insumos y productos generados, referenciados al costo y disponibilidad de la materia prima. También se calculó un indicador para la mano de obra directa empleada por la agroindustria, en función de las toneladas de cítrico procesadas. Los indicadores se agruparon en: 1) cítricos dulces (naranja, toronja, mandarina y limas dulces) y 2) cítricos agrios (limón mexicano o con semilla, persa e italiano).

VI.5.1. Indicadores técnicos asociados a la estructura de los costos de producción y valor de los productos

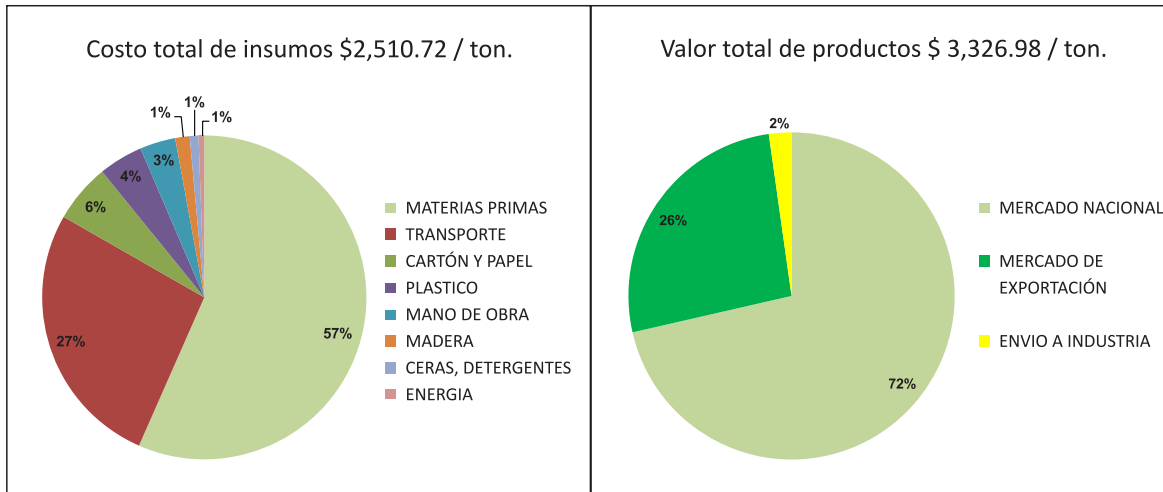
Se identificó y cuantificó la estructura de costos de producción para los distintos tipos de empresas acondicionadoras y procesadoras de cítricos, distinguiendo la de los tipos dulces de los agrios, referenciando el valor de los insumos y de los productos finales a una tonelada de la materia prima.

Para obtener el valor de los insumos y de los productos finales en función de las toneladas de materia prima procesada, tanto para cítricos agrios como para dulces, se sumó la materia prima procesada, el valor de cada uno de los insumos y el valor de cada uno de los productos de todas las agroindustrias encuestadas en cada subgrupo, para finalmente dividir los valores obtenidos de los insumos y los productos (a precios del 2008) entre el total de la suma de la materia prima procesada. Para obtener los costos, ingresos y pérdidas como resultado de la reducción en producción, se multiplicó la materia prima disponible o la pérdida de materia, por los indicadores técnicos obtenidos. De forma similar, para la mano de obra se obtuvo el índice de toneladas de materia prima procesada o acondicionada por empleado, el cual al dividir por la materia prima disponible, o pérdida generada por el efecto del HLB, generó la mano de obra que podría perderse. En las figuras Figura VI.4 a VI.7 se muestran los valores de los insumos y los productos, así como los principales componentes con su participación relativa.

Como se observa en Figura VI.4, el costo total promedio de los insumos en 2008, para los empaques de cítricos agrios, fue \$ 2,521 por tonelada de materia prima empacada; de este total, el 57% correspondió a la materia prima (los frutos frescos), el 27% al transporte, el 6% al empaque de cartón y papel y el agrupado 10% restante al empaque de plástico, mano de obra, cajas de madera, ceras, detergente, energía y combustible. Por otro lado, el valor total de los productos procesados, referenciado a una tonelada de cítricos, fue de \$ 3,327, correspondiendo el 71% del mismo a la fruta fresca destinada al mercado nacional, el 26% a la fruta fresca de exportación y el 2% restante a desechos.

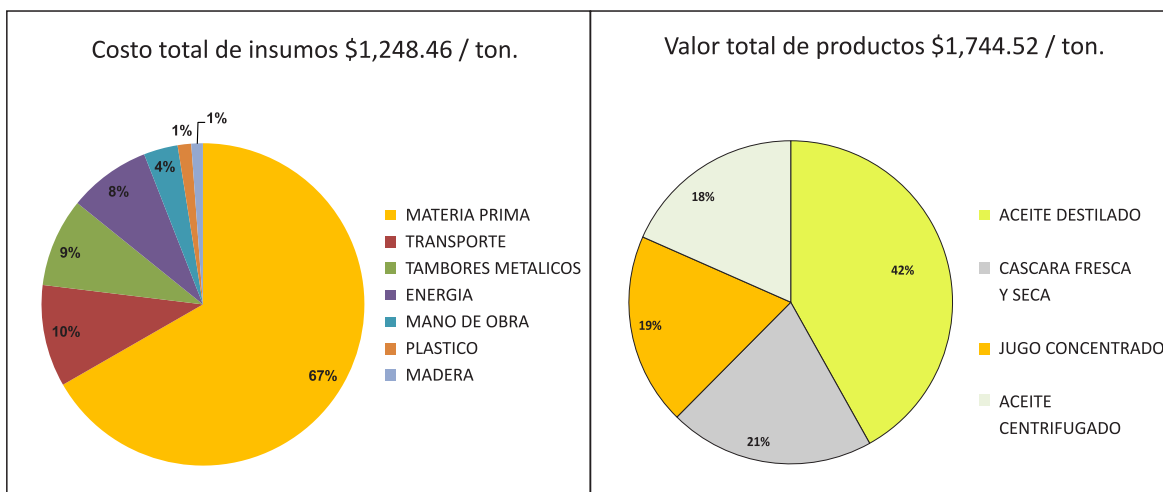


Figura VI.4 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos agrios empacados en 2008



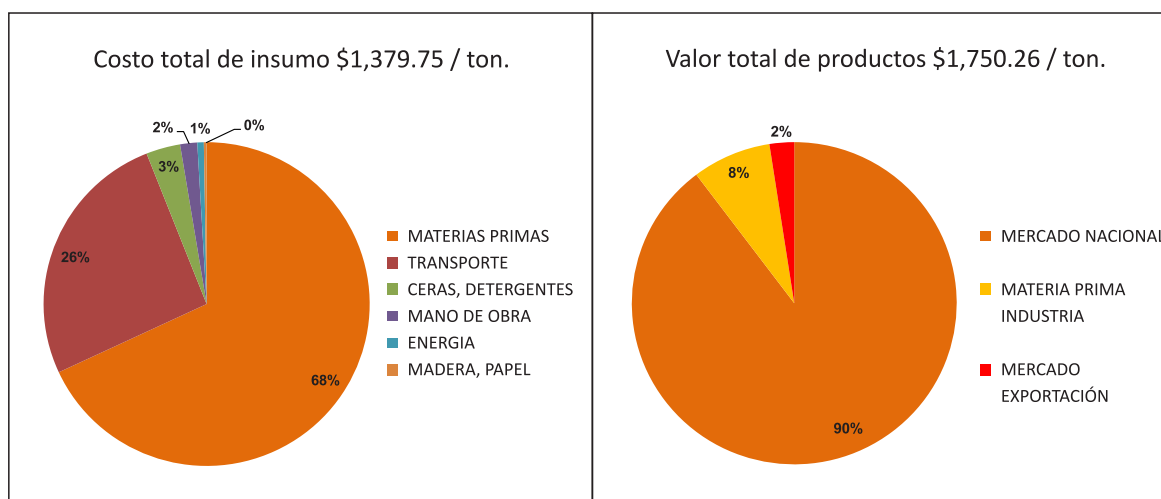
Para las industrias procesadoras de cítricos agrios el costo total de producción fue de \$1,248 por tonelada de materia prima procesada, representando la materia prima dos terceras partes del mismo, el transporte un 10%, los tambores para almacenar el jugo y el aceite 9%, la energía eléctrica y combustibles 8% y la mano de obra, plásticos y tarimas el 6% restante. En cuanto a los productos que generan estas agroindustrias, destacan por su valor los aceites esenciales (tanto destilado como centrifugado), representando el 60% de los \$1,745/ton, la cáscara el 21% y los jugos el 19% restante (Figura VI.5).

Figura VI.5 Estructura de costos de producción y valor de los productos cítricos agrios procesados en 2008



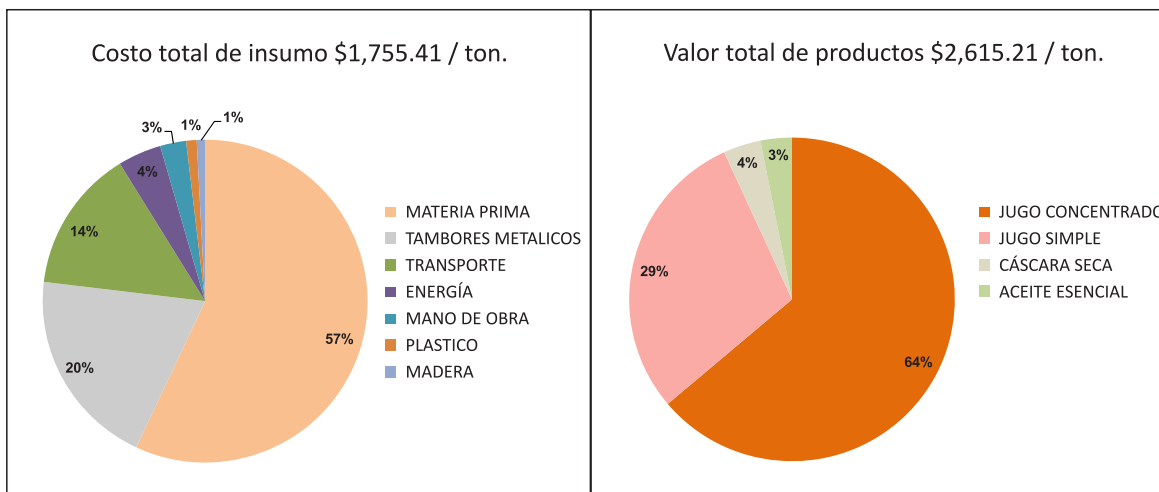
De acuerdo con la estructura de costos de producción de las plantas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) de cítricos dulces, la materia prima acondicionada representó el 68% del costo total (\$1,380 / tonelada), el transporte 26% y las ceras, detergentes, mano de obra, energía eléctrica, combustibles y envases, el 6% restante. Por otro lado, el valor total de los productos referenciado a una tonelada de materia prima, fue de \$1,750, correspondiendo el 90% a la fruta fresca destinada al mercado nacional, 8% a los cítricos dulces demandados por la industria y el 2% restante por el mercado de exportación (Figura VI.6).

Figura VI.6. Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces acondicionados en 2008



El costo de producción de las agroindustrias procesadoras de cítricos dulces fue de \$1,755 por tonelada de materia prima procesada, contribuyendo a éste con el 57% la propia materia prima, con el 20% los envases para el jugo (tambores), 14% el transporte, y con el 9% restante la energía eléctrica, combustibles, mano de obra y embalajes. En cuanto al valor de los productos que generan estas agroindustrias, referenciado a una tonelada de materia prima (\$2,615 / ton.), los jugos concentrados representaron el 64%, los jugos simples 29%, la cáscara deshidratada 4% y el aceite esencial el 3% restante (Figura VI.7).

Figura VI.7 Estructura de costos de producción y valor de los cítricos dulces procesados en 2008



VI.5.2. Evaluación de impactos

A partir del impacto estimado en la producción primaria de cítricos, considerando los escenarios bajo, moderado y alto (Cuadro VI.6), se evaluó la reducción de la materia prima que pueden enfrentar las acondicionadoras y plantas procesadoras de cítricos agrios y cítricos dulces, así como en los empleos directos ocupados por las agroindustrias, la reducción en divisas por las exportaciones de los cítricos y sus derivados, y en los ingresos de las empresas acondicionadoras y procesadoras, al contraerse las ventas de sus productos.

Cuadro VI.6. Pérdidas potenciales de la materia prima para evaluar los impactos en la agroindustria²⁷

Materia Prima	Escenarios de pérdida		
	Bajo	Moderado	Alto
De cítricos agrios	4%	9%	19%
De cítricos dulces	11%	33%	48%

Como se observa en el cuadro VI.7, a tres años de establecido el HLB en territorio nacional, las pérdidas en el ingreso de la agroindustria cítrica sería de 507 millones de pesos de 2008 frente a un riesgo bajo, de 1,637 millones ante riesgo moderado y de 2,517 millones ante un riesgo alto; mientras que en divisas al reducirse las exportaciones, de 130, 404 y 645 millones frente a los tres niveles de riesgo, respectivamente. Por su parte, la pérdida de empleos sería de 282, 929 y 1,396 posiciones de trabajo de tiempo completo, bajo los tres escenarios de riesgo mencionados.

²⁷ A cinco años de establecida la enfermedad del HLB, de acuerdo con las estimaciones obtenidas de la matriz productiva-epidemiológica

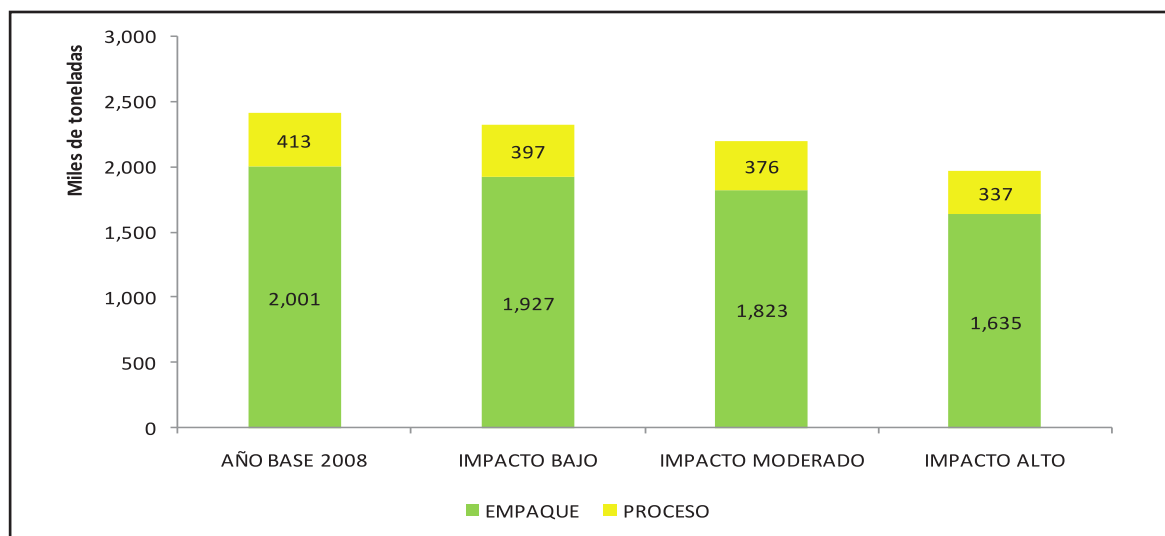


Cuadro VI.7 Pérdidas de ingresos, generación de divisas y empleo en la agroindustria nacional a 3 años de establecido el HLB

Pérdida	ESCENARIOS DE RIESGO A 3 AÑOS		
	BAJO	MODERADO	ALTO
De ingreso (\$ millones de 2008)	507	1,637	2,517
De exportaciones (\$ millones de 2008)	130	404	645
De empleos directos (número)	282	929	1,396

Tanto para los empaques como para las plantas procesadoras de cítricos agrios, la disponibilidad de materia prima podría reducirse de 2.41 millones de toneladas que procesaron en 2008 a 1.97 millones, a cinco años de la infestación del HLB, bajo un escenario alto de reducción en la producción de limón mexicano, limón persa y limón italiano que trajera consigo el HLB. Por ejemplo, la reducción de materia prima para el empaque llegaría a 366 mil toneladas frente a un impacto alto, mientras que para las plantas de procesamiento a 76 mil toneladas (Figura VI.8)

Figura VI.8 Impacto en los volúmenes de cítricos agrios a procesar a 5 años de establecido el HLB



Uso de la capacidad agroindustrial:

El acondicionamiento y la transformación de los frutos cítricos, al igual que la mayoría de las agroindustrias, tiene la característica de manejar productos perecederos bajo una estacionalidad de la producción bien definida, dependiendo de la especie del cítrico y de la región productiva de que se trate. Además, la cosecha de todas las especies de cítricos mexicanos se realiza en forma manual, con limitaciones de horarios y climáticas (en lugares de alta humedad relativa, generalmente cercanos a zonas costeras, el rocío presente en los árboles provoca quemaduras en los limones; altas temperaturas y lluvia, entre otros). Estos factores impactan en la utilización de la capacidad instalada total a lo largo del año, en las plantas de acondicionamiento y transformación de los cítricos, lo cual es más crítico en las procesadoras que generan los productos derivados, ya que estas empresas disponen de menos tiempo para procesar los volúmenes necesarios de materia prima que satisfagan los compromisos de abastecimiento de productos, requeridos por los clientes.

La información obtenida mediante la encuesta realizada en este estudio indicó que, en 2008 existía una subutilización de la capacidad instalada superior al 50%, en la mayoría de las agroindustrias (cuadro VI.8), siendo más alta para las industria procesadoras (74% en cítricos dulces y 60% en cítricos agrios) que para las acondicionadoras. Los datos obtenidos sobre capacidad subutilizada en la industria de cítricos agrios, concuerdan con los publicados por González, et al (2009), quien encontró que la capacidad ociosa promedio de la industria procesadora de limón era de 58%. Los empaques de los cítricos dulces superan la susceptibilidad a incrementar su capacidad subutilizada, con respecto a la industria procesadora de estas mismas especies.

Considerando los escenarios de riesgo que generará el HLB, si no se toman medidas preventivas y de control contra dicha enfermedad, la capacidad instalada de las plantas beneficiadoras y procesadoras de cítricos dulces será mayormente afectada en su grado de subutilización, porque enfrentarán una mayor pérdida potencial de materia prima.

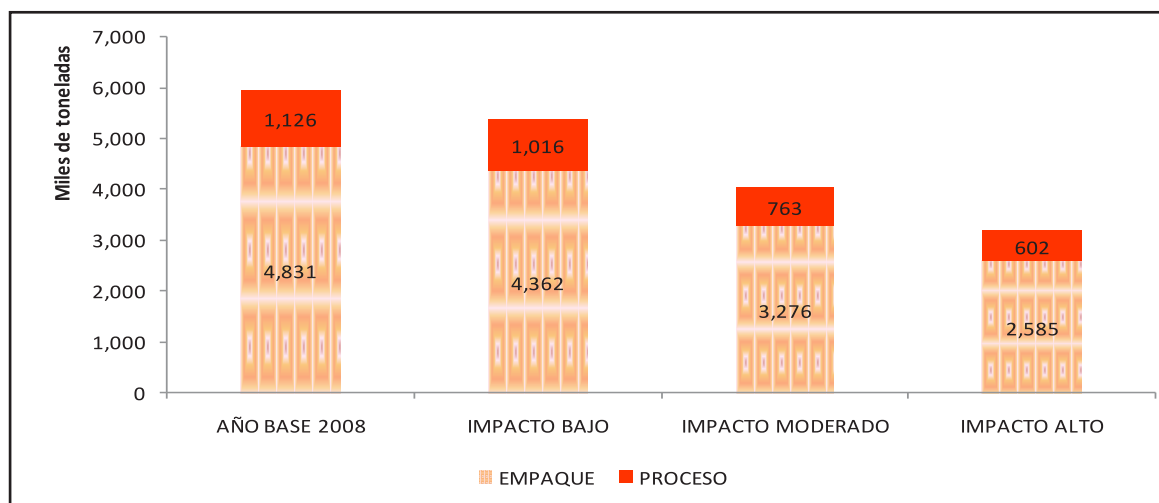
Cuadro VI.8. Impacto del HLB en la subutilización de la capacidad instalada de la agroindustria cítrica mexicana

TIPO DE AGROINDUSTRIA	SITUACION 2008	IMPACTO A 3 AÑOS			IMPACTO A 5 AÑOS		
		BAJO	MODERADO	ALTO	BAJO	MODERADO	ALTO
EMPAQUE DE CITRICOS AGRIOS	53%	53%	54%	56%	54%	57%	61%
INDUSTRIA DE CITRICOS AGRIOS	60%	61%	61%	63%	62%	64%	67%
EMPAQUE DE CITRICOS DULCES	20%	23%	30%	34%	28%	46%	57%
INDUSTRIA DE CITRICOS DULCES	74%	75%	77%	78%	76%	82%	86%



Por otro lado y de acuerdo con la Figura VI.9, la cantidad de cítricos dulces (naranja, mandarina y toronja) a procesar por las agroindustrias se reduciría de 5.95 a 3.18 millones de toneladas a cinco años de establecida la enfermedad, frente a un impacto alto del HLB. La reducción llegaría a 2.24 millones de toneladas para las empresas acondicionadoras (empaques) y a 524 mil toneladas para las plantas procesadoras de dichos cítricos.

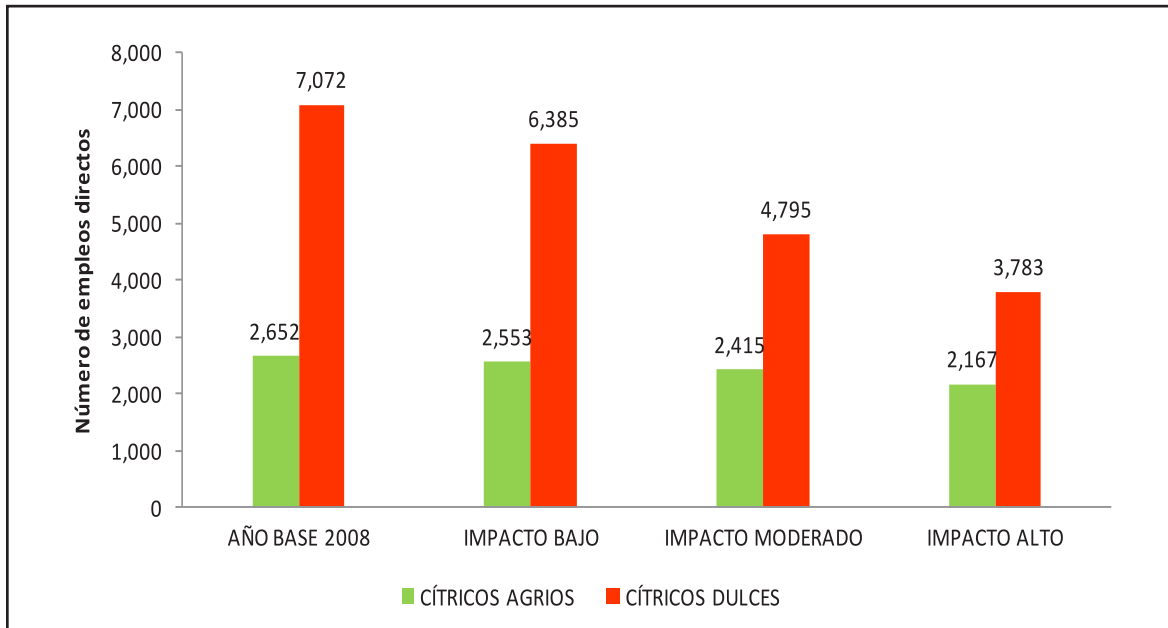
Figura VI.9 Impacto en los volúmenes de cítricos dulces a procesar a 5 años de establecido el HLB



La pérdida de empleos directos en la agroindustria de cítricos, como consecuencia de la reducción en los volúmenes de materia prima arriba mencionados, sería de 3,774 al año, correspondiendo el 87% a las empresas que industrializan cítricos dulces y el 13% restante a las de cítricos agrios (Figura VI.10). Los empleos directos ocupados por la agroindustria de cítricos dulces se reducirían en 3,289 plazas, (de 7,072 en 2008 a 3,783) cinco años después del ataque del HLB; mientras que para las empresas que manejan cítricos agrios en 485 (de 2,652 en 2008 a 2,167).

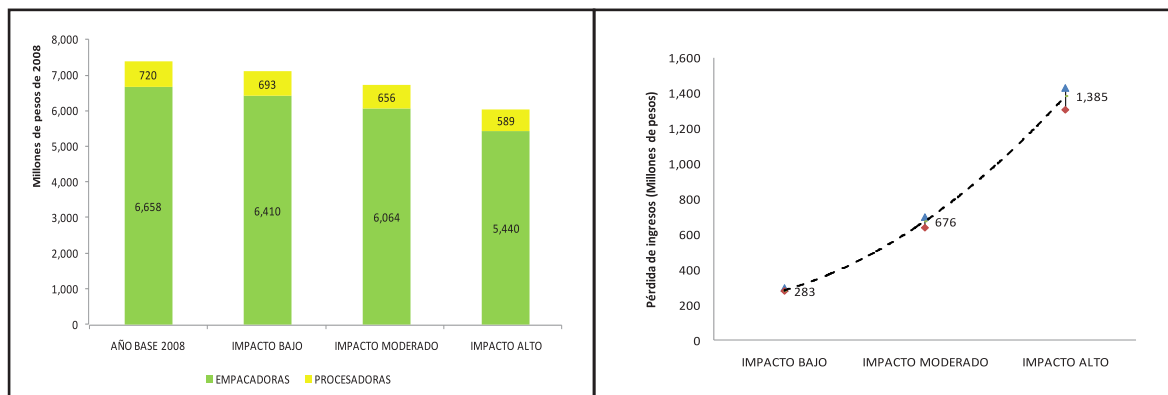


Figura VI.10 Efectos en el empleo directo de las agroindustrias a 5 años de establecido el HLB



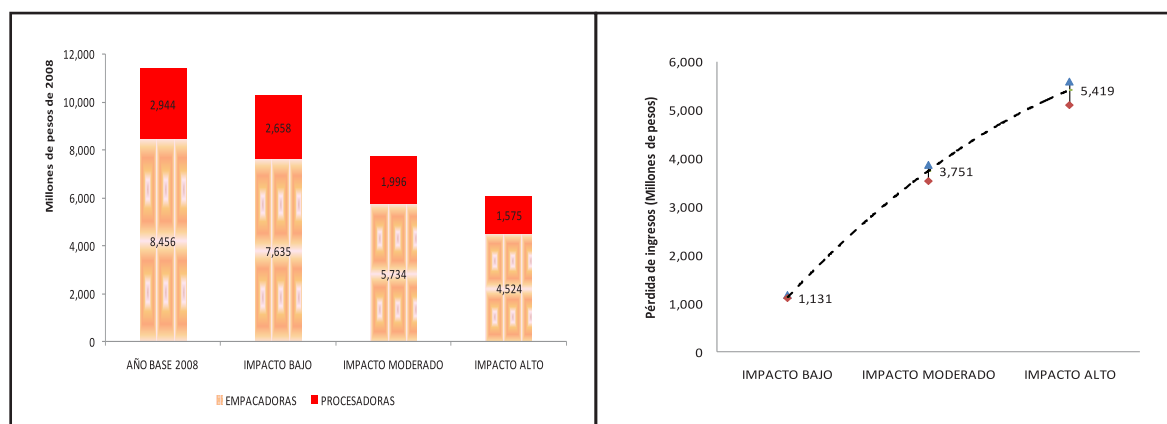
En cuanto al impacto que traería consigo el HLB en el valor de la producción de las agroindustrias mexicanas de cítricos, de no tomarse medidas preventivas y/o de control contra dicha enfermedad, las pérdidas para las plantas de cítricos agrios serían de \$1,385 millones de pesos del 2008 frente a un escenario de impacto alto, de \$676 millones frente a uno moderado y de \$283 millones ante uno bajo; siendo el mayor impacto para las empacadoras y en menor medida para las procesadoras (Figura VI.11). Los ingresos brutos de las empacadoras se reducirían \$1,218 millones (al bajar de \$6,658 a \$5,440 millones de 2008); mientras que los de las procesadoras \$131 millones (bajando de \$720 a \$589 millones), a cinco años del establecimiento del HLB.

Figura VI.11 Efecto en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos agrios a 5 años de establecido el HLB



De acuerdo con la Figura VI.12, el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos dulces se vería mayormente afectado porque dichos frutos presentan mayor susceptibilidad al HLB; la pérdida ascendería a \$1,131 millones ante un escenario de riesgo bajo, a \$3,751 millones frente a un riesgo moderado y a \$5,419 millones ante un riesgo alto. Las empacadoras verían reducido su ingreso en \$3,932 millones de 2008 en presencia de un riesgo alto (al pasar de \$8,456 a \$4,524 millones), mientras que las procesadoras en \$1,369 millones (al pasar de \$2,944 a \$1,575 millones).

Figura VI.12 Efecto en el valor de la producción de las agroindustrias de cítricos dulces a 5 años de establecido el HLB



En cuanto al impacto que traería consigo el HLB en la exportación mexicana de cítricos frescos y procesados, de acuerdo con las Figura VI.13 y Figura VI.14, habría una reducción en el ingreso de divisas al país de 157 millones de dólares ante un riesgo alto (equivalente a más del 30%), al pasar de 505 millones en 2008 a 348 millones, a cinco años de establecido el HLB. Los cítricos dulces dejarían de ingresar divisas mediante sus exportaciones, por 106 millones de dólares con respecto a 2008, frente a un riesgo alto, 73 millones ante un riesgo moderado y 22 millones ante riesgo bajo; mientras que los cítricos agrios por 51 millones frente a riesgo alto, 25 millones ante riesgo moderado y 10 millones ante riesgo bajo (Figura VI.14).



Figura VI.13. Efecto en la generación de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados a 5 años de establecido el HLB

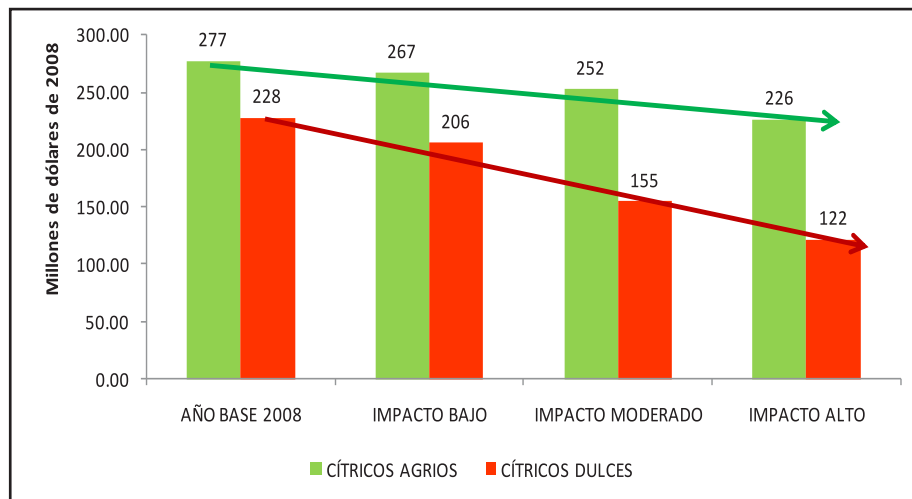
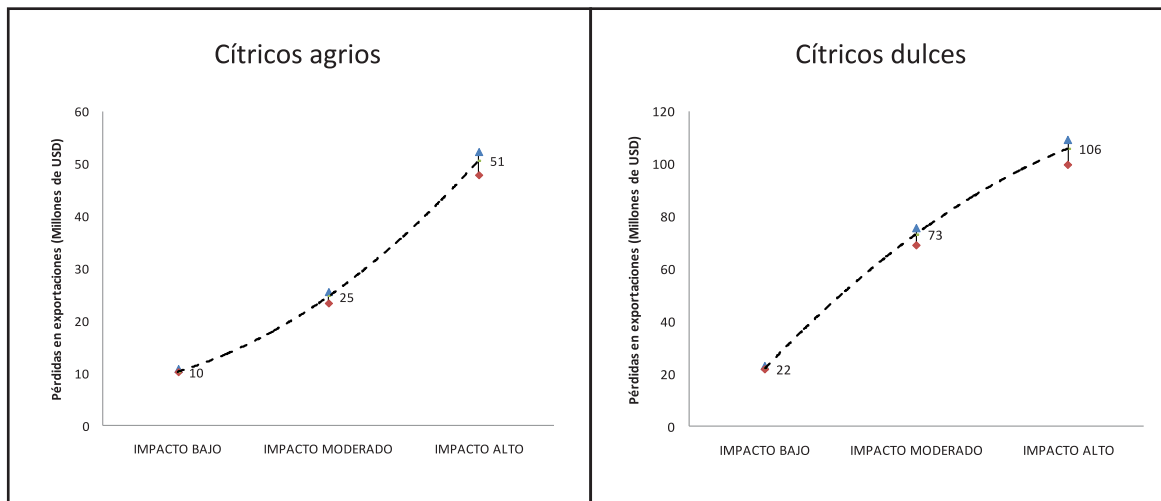


Figura VI.14 Pérdida de divisas por la exportación de cítricos y sus derivados, agrios y dulces, a 5 años de establecido el HLB



Resumiendo, las pérdidas que generaría el HLB a la agroindustria mexicana de los cítricos, a cinco años de haberse establecido en el país, andarían en el orden de los \$1,382 a \$6,651 millones en los ingresos de las plantas empacadoras y procesadoras; entre 785 y 3,773 empleos directos; y en el rango \$362-\$1,745 millones (equivalente a 32-157 millones de dólares) las divisas por concepto de reducción en las exportaciones (Cuadro VI.9).

Cuadro VI.9 Valor de las pérdidas totales en la agroindustria de cítricos

CONCEPTOS	VALOR DE LAS PÉRDIDAS EN MILLONES DE \$ DE 2008		
	IMPACTO BAJO	IMPACTO MODERADO	IMPACTO ALTO
Pérdidas de ingresos	1,382	4,327	6,651
Pérdidas de empleos	785	2,513	3,773
Pérdidas de divisas	362	1,093	1,745



VII

**ANALISIS DE LOS IMPACTOS DEL HLB
SOBRE LA ECONOMIA MEXICANA
EN SU CONJUNTO**

El Centro de estudios de América del Norte de la Universidad de Texas A&M (2007) reportó que después de dos años de infestación del HLB en las áreas productoras de cítricos del estado de Texas, E.U., la pérdida estimada en el valor de la producción de dichos frutos sería del 20%, equivalente a USD23.7 millones y de cerca de 400 puestos de trabajo; después de cinco años y con una reducción en el valor de la producción del 60%, la pérdida ascendería USD68.5 millones y a más de 1,000 empleos. De este informe y de los resultados de la revisión bibliográfica presentada en capítulos anteriores, resultó evidente que el impacto de una infestación significativa de esta enfermedad podría ser grave para la industria citrícola mexicana, así como para las empresas relacionadas con la cadena productiva de dicha actividad.

El objetivo de esta etapa del trabajo fue cuantificar los impactos que generaría el HLB a la economía mexicana en su conjunto, en cuanto al valor de la producción y empleo.

VII.1. Metodología

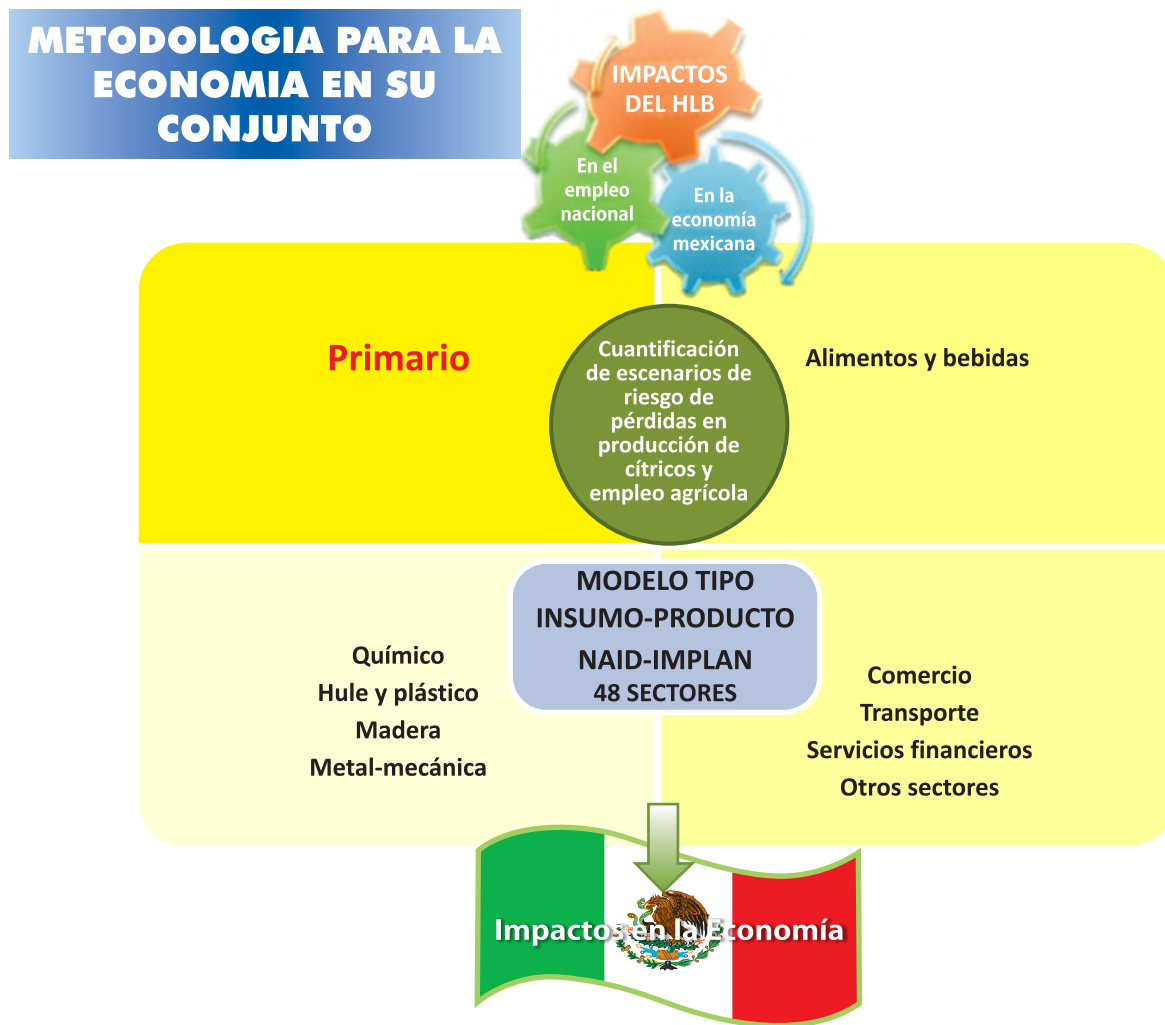
Se construyeron distintos escenarios para representar a tres niveles de riesgo (bajo, moderado y alto), el daño que causaría la infestación del HLB y los correspondientes impactos económicos estimados sobre los diferentes sectores que conforman la economía mexicana. Los impactos estimados para la actividad citrícola a nivel producción primaria (volumen y valor de la producción y empleo agrícola, representado por el número de jornales por hectárea cultivada) sirvieron de base en la estimación de los impactos para el conjunto de la economía, como se representa en la Figura VII.1.

VII.1.1. Estructura de la base de datos y flujo de información

La herramienta utilizada para cuantificar los impactos económicos fue el modelo insumo-producto IMPLAN (desarrollado por el Minnesota IMPLAN Group), el cual representa la estructura de la economía mexicana en 48 sectores, siguiendo el sistema de clasificación industrial de la OECD. La base de datos abarcó a todos los sectores con cifras actualizadas a pesos de 2008. El modelo construido NAID-IMPLAN generó varios reportes aplicando la funcionalidad de IMPLAN, siendo los principales las matrices "insumo" y "producto". La matriz "producto" muestra la producción de mercancías y servicios de cada sector, siendo posible identificar más de una mercancía para cada industria; mientras que la matriz "insumo" refleja la compra o consumo de mercancías y servicios a cada nivel del proceso productivo, tomando en cuenta los insumos utilizados por sector. Otros reportes generados incluyeron el SAM (Social Accounting Matrix en sus siglas en inglés) y detalles de los productos/servicios por industria. En la primera etapa se validaron los datos del sistema, comparando las cifras y parámetros del modelo IMPLAN con las de las tablas de INEGI disponibles en su página web (Nov. 26, 2009), encontrándose que las producidas por el primero (componentes básicos para todos los cálculos subsecuentes) eran similares a los reportados por INEGI, por lo que no fue necesario reconciliar ambas fuentes.



Figura VII.1 Metodología para la estimación de los impactos en la economía Mexicana



El Cuadro VII.1 resume las pérdidas potenciales en el volumen y valor de la producción a nivel de la actividad productiva primaria (en toneladas de cítricos y en miles de pesos de 2008), a uno, tres y cinco años de establecido el HLB, las cuales sirvieron de punto de partida en el proceso analítico de esta etapa del trabajo.



Cuadro VII.1 Pérdidas en el volumen y valor de la producción de cítricos bajo diferentes niveles de riesgo en tres horizontes de tiempo

A 1 año de establecido el HLB	Riesgo de pérdida [tons]			Valor por ton [1000 pesos]	Riesgo de pérdida [1000 pesos de 2008]		
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Limón Mexicano	7,902	30,983	45,675	2.59	20,448	80,177	118,198
Limón Persa	4,882	9,643	39,545	1.93	9,408	18,585	76,215
Limón Italiano	123	1,196	4,862	1.56	192	1,871	7,606
Naranja	67,849	323,877	426,385	0.99	67,080	320,204	421,549
Mandarina	397	2,341	13,098	1.02	404	2,381	13,322
Toronja	6,638	17,900	56,386	1.25	8,265	22,288	70,210
Total cítricos	87,790	385,939	585,952	1.41	123,633	543,506	825,178

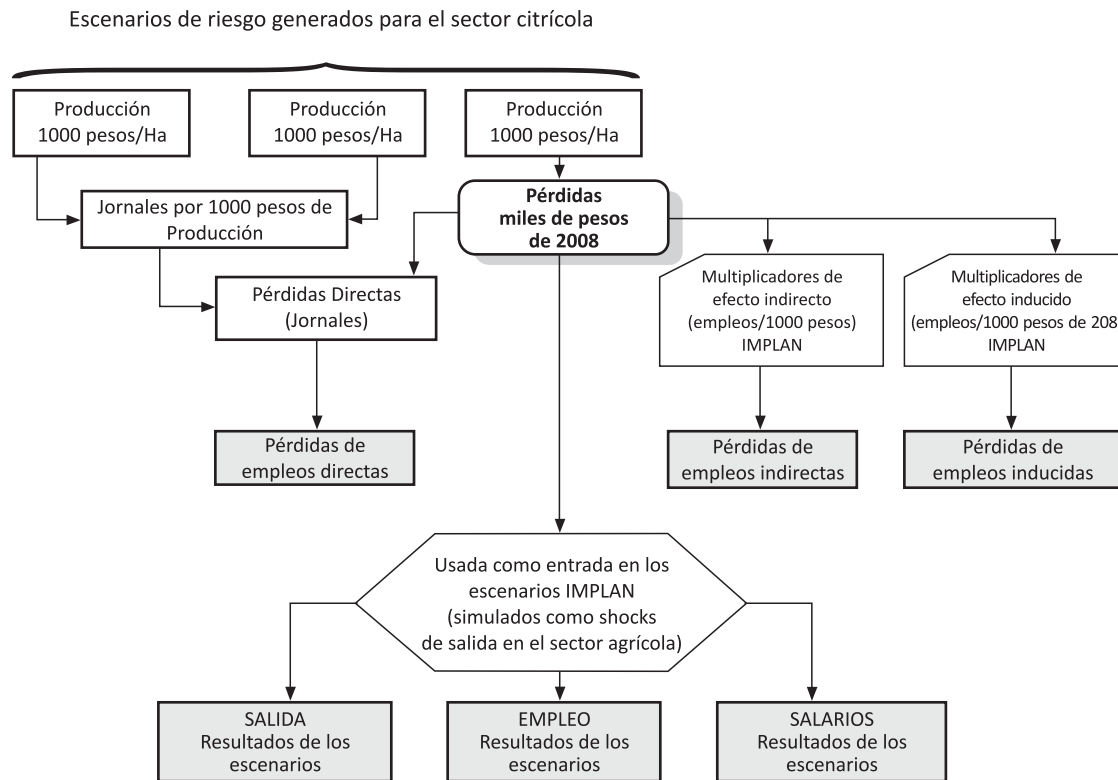
A 3 años de establecido el HLB	Riesgo de pérdida [tons]			Valor por ton [1000 pesos]	Riesgo de pérdida [1000 pesos de 2008]		
	Bajo	Medio	Alto		Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	18,158	52,755	77,773	2.59	46,988	136,520	201,259
Limón Persa	11,218	16,420	67,335	1.93	21,619	31,645	129,773
Limón Italiano	283	2,036	8,279	1.56	442	3,185	12,951
Naranja	155,914	551,474	1,368,676	0.99	154,146	545,219	1,353,153
Mandarina	912	3,986	22,302	1.02	928	4,054	22,684
Toronja	15,253	30,478	196,010	1.25	18,993	37,950	244,066
Total cítricos	201,738	657,149	1,740,375	1.41	284,101	925,442	2,450,917

A 5 años de establecido el HLB	Riesgo de pérdida [tons]			Valor por ton [1000 pesos]	Riesgo de pérdida [1000 pesos de 2008]		
	Bajo	Medio	Alto		Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	50,643	142,645	210,289	2.59	131,053	369,134	544,182
Limón Persa	31,287	44,397	182,066	1.93	60,298	85,564	350,891
Limón Italiano	789	5,505	22,385	1.56	1,234	8,612	35,017
Naranja	434,854	1,491,120	1,963,064	0.99	429,922	1,474,209	1,940,800
Mandarina	2,544	10,777	60,303	1.02	2,588	10,961	61,334
Toronja	42,542	82,409	259,601	1.25	52,972	102,614	323,247
Total cítricos	562,659	1,776,853	2,697,707	1.41	792,375	2,502,287	3,799,097



La Figura VII.2 muestra el proceso analítico, indicando fuente de datos y resultados; estos últimos se presentan en detalle en la siguiente sección.

Figura VII.2 Flujo de información



VII.1.2. Generación de multiplicadores

Una vez incorporadas las anteriores pérdidas potenciales a nivel producción cítrica primaria al modelo NAID-IMPLAN, se construyeron los parámetros para generar los efectos multiplicadores directos, indirectos e inducidos para distintos niveles de infestación del HLB y sus correspondientes reducciones en la producción y empleo de la cadena cítrica nacional.

Los efectos directos los representaron las reducciones en empleo y salarios como consecuencia de las pérdidas o reducciones en el sector cítrico (primario y agroindustrial), de acuerdo a los niveles de riesgo establecidos (bajo, medio y alto), medidos por el valor de la producción y el empleo. Los efectos indirectos o inter-industria correspondieron a los que se presentarían en aquellos sectores que abastecen y proporcionan insumos al proceso productivo de las actividades directamente impactadas (cítrica primaria y agroindustrial); mientras que los efectos inducidos son los que ocurrirían en toda la economía, impactando el ingreso y empleo de los sectores relacionados (por ejemplo, al agropecuario, alimentos y bebidas, comercio, transportes, químico, hule y plásticos, metal-mecánico, madera, de servicios financieros, etc.).



Haciendo uso de la funcionalidad interna del sistema IMPLAN para correr escenarios, también se desagregaron los impactos indirectos e inducidos por sector, simulando los efectos con las pérdidas estimadas para el valor de la producción y empleo, previamente generadas para el sector citrícola primario y agroindustrial, a los tres niveles de riesgo. La Figura VII.2 muestra el flujo de datos y resultados para los sectores seleccionados. Los resultados se discuten en el apartado de resultados.

VII.1.3. Supuestos

Es importante mencionar los supuestos en los que se basan los modelos insumo-producto, como el NAID-IMPLAN utilizado en este análisis y que, en cierta medida, podrían implicar limitaciones en la interpretación de los resultados. Entre los más importantes están los relativos a las funciones de producción, efectos de compras locales, así como el mecanismo de transmisión inter-industria y efectos de ingreso. Primero, los sistemas insumo-producto suponen que la economía opera al 100% de su capacidad, que los recursos (insumos) están totalmente disponibles, y que los insumos se utilizan en proporciones fijas independientemente del nivel de producción. Segundo, los análisis a nivel nacional tienden a encubrir la severidad de impactos localizados, especialmente de aquellos generados como consecuencia de pérdidas en el empleo local (efectos inducidos). Como la base de datos del sistema IMPLAN para México no incluye actualmente desagregación geográfica sub-nacional, no se generaron dichos estimadores. Finalmente, todos los sistemas insumo-productos asumen que los efectos sustitución de los distintos factores de la producción dentro de un sector (o el mismo factor entre sectores) son pequeños o nulos y que, la contracción en un sector lleva invariablemente al desempleo de trabajadores. En realidad, ni la intervención del gobierno, ni la capacidad de recuperación de la economía local, podría llevar a menos que proporcional el efecto en desempleo.

Sin embargo, el equipo que desarrolló este trabajo confía que los resultados generados por el modelo NAID-IMPLAN son apropiados para representar los impactos económicos que traería consigo la pérdida en el sector citrícola. Los resultados están metodológicamente sustentados y son lo suficientemente fuertes para servir de base en recomendaciones de política y toma de decisiones generales.



VII.2. Resultados

Los resultados de este análisis se presentan en tres categorías de pérdida generales: valor de la producción, empleo y salarios/remuneraciones. El número de empleos por subsector se calculó combinando los valores de jornales por hectárea con el valor total de la producción/ha., transformándolos después a “empleos de tiempo completo al año”, considerando el factor de 250 días por año con 8 horas de trabajo al día. La base de empleo para cada especie citrícola quedó como se muestra en el Cuadro VII.2.



Cuadro VII.2 Base de empleo generada del análisis

ESPECIE DE CITRICO	BASE DE EMPLEO
Limón mexicano	24,348
Limón persa	15,440
Limón italiano	1,271
Naranja	61,631
Mandarina	3,514
Toronja	3,172
Total	109,377

VII.2.1. Resultados agregados

Con base en los multiplicadores de empleo, calculados por el modelo, se estimaron los impactos para las industrias que proporcionan insumos al sector agrícola, así como para la economía en su conjunto debido a las reducciones de ingreso en sectores afectados directa e indirectamente, a uno, tres y cinco años de establecido el HLB. Los multiplicadores se estimaron para todo el sector agrícola, cuya composición de insumos podría no ser perfectamente equivalente a la del subsector cítrico.

De acuerdo con el Cuadro VII.3, la pérdida total de empleos de tiempo completo, a 1 año de establecido el HLB sería de 4,105, 17,988 y 27,463 para cada uno de los escenarios de bajo, medio y alto riesgo; mientras que a los tres años de 9,434, 30,628, y 80,691, respectivamente. A los cinco años, la pérdida total ascendería a 26,311, 82,815 y 126,439, siendo la pérdida de los directos de 16, 50, y 77 mil empleos, ante cada nivel de riesgo, los indirectos (inter-industria) de 8, 25 y 38 mil, respectivamente, y los inducidos/de ingreso (para los sectores restantes de la economía), de 2, 7 y 11 mil. Las actividades relacionadas a la producción de naranja y sus derivados absorberían los mayores impactos.



Cuadro VII.3 Pérdida de empleos de tiempo completo

A 1 año de establecido el HLB	Pérdidas directas			Impacto en proveedores de insumos			Impacto en los otros sectores de la economía			TOTAL		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	253	991	1,462	205	805	1,186	59	233	343	517	2,029	2,991
Limón Persa	176	347	1,424	94	187	765	27	54	221	297	588	2,410
Limón Italiano	3	33	136	2	19	76	1	5	22	6	58	235
Naranja	1,900	9,069	11,939	673	3,214	4,232	195	929	1,224	2,768	13,212	17,394
Mandarina	14	84	472	4	24	134	1	7	39	20	115	644
Toronja	159	430	1,353	83	224	705	24	65	204	266	718	2,262
Total	2,505	10,954	16,785	1,241	5,456	8,283	359	1,577	2,395	4,105	17,988	27,463

A 3 años de establecido el HLB	Pérdidas directas			Impacto en proveedores de insumos			Impacto en los otros sectores de la economía			TOTAL		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	581	1,688	2,489	472	1,370	2,020	136	396	584	1,189	3,455	5,093
Limón Persa	404	591	2,424	217	318	1,303	63	92	377	684	1,001	4,103
Limón Italiano	8	57	232	4	32	130	1	9	38	14	98	399
Naranja	4,366	15,441	38,323	1,547	5,473	13,583	447	1,582	3,927	6,360	22,497	55,833
Mandarina	33	143	803	9	41	228	3	12	66	45	196	1,096
Toronja	366	731	4,704	191	381	2,450	55	110	708	612	1,223	7,863
Total	5,757	18,653	48,975	2,852	9,290	24,602	825	2,686	7,114	9,434	30,628	80,691

A 5 años de establecido el HLB	Pérdidas directas			Impacto en proveedores de insumos			Impacto en los otros sectores de la economía			TOTAL		
	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Limón Mexicano	1,621	4,565	6,729	1,316	3,705	5,462	380	1,071	1,579	3,316	9,341	13,771
Limón Persa	1,126	1,598	6,554	605	859	3,522	175	248	1,018	1,907	2,706	11,095
Limón Italiano	22	154	627	12	86	352	4	25	102	38	266	1,080
Naranja	12,176	41,751	54,966	4,316	14,798	19,482	1,248	4,279	5,633	17,739	60,828	80,081
Mandarina	92	388	2,171	26	110	616	8	32	178	125	530	2,965
Toronja	1,021	1,978	6,230	532	1,030	3,245	154	298	938	1,706	3,306	10,413
Total	16,057	50,434	77,278	7,954	25,118	38,135	2,300	7,263	11,027	26,311	82,815	126,439



VII.2.2. Resultados desagregados

De acuerdo con el Cuadro VII.4, el sector primario (que incluye a la agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería) es el que mayores impactos enfrentaría en el valor de su producción, de los diez principales sectores que resultarían afectados ante la potencial infestación del HLB, bajo los tres escenarios de riesgo establecidos; tanto en efecto directo, como indirecto e inducido. Por ejemplo, a cinco años de la infestación y frente a un riesgo alto, el impacto directo en el valor de la producción del sector 1 (el primario) ascendería a 3,800 millones de pesos del 2008; mientras que el indirecto a 479 millones, el inducido a 65 millones y el total a 4,343 millones. En orden de importancia le seguiría el sector "comercio y reparaciones"; el de "productos alimenticios, bebidas y tabacos"; y el de "otras actividades de negocio". Para la economía en su conjunto (total de 48 sectores) y frente a un riesgo alto, el impacto indirecto sería de 2,003 millones de pesos, el inducido de 1,183 millones y el total de 6,965 millones.

Cuadro VII.4 Impacto en producción de los principales sectores, por efectos indirectos (miles de pesos de 2008)

Clasificación del sector	Description del sector	RIESGO BAJO				RIESGO MEDIO				RIESGO ALTO			
		Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1	Agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería	792,375	99,803	13,588	905,746	2,502,287	315,174	42,846	2,860,308	3,799,097	478,513	65,051	4,342,662
4	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	0	67,679	31,299	98,978	0	213,727	98,842	312,569	0	324,490	150,067	474,558
31	Comercio (mayoreo y menudeo) y reparaciones	0	64,640	38,442	103,081	0	204,130	121,397	325,527	0	309,920	184,311	494,231
9	Químico, excluyendo medicamentos	0	31,124	7,968	39,092	0	98,289	25,164	123,452	0	149,227	38,205	187,432
43	Otras actividades de negocio	0	26,691	16,069	42,760	0	84,289	50,744	135,034	0	127,972	77,042	205,015
33	Transporte terrestre, transporte por pipas	0	18,154	20,702	38,856	0	57,330	65,376	122,705	0	87,041	99,257	186,298
2	Minería y energía	0	17,238	5,544	22,781	0	54,437	17,506	71,943	0	82,648	26,579	109,227
38	Servicios financieros y de seguros	0	16,677	7,499	24,176	0	52,664	23,682	76,346	0	79,957	35,955	115,912
8	Petróleo y combustibles	0	16,166	5,870	22,036	0	51,050	18,538	69,588	0	77,507	28,145	105,652
26	Producción y distribución de electricidad	0	13,329	6,099	19,428	0	42,093	19,261	61,354	0	63,908	29,243	93,151
TOTAL 48 SECTORES		792,375	417,739	246,817	1,456,931	2,502,287	1,319,202	779,438	4,600,927	3,799,097	2,002,878	1,183,381	6,985,357

En términos del número de empleos, también el sector “agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería” absorbería los mayores impactos ante los tres niveles de riesgo, aunque el efecto inducido y total del “sector productos alimenticios, bebidas y tabaco” lo superaría en los tres casos (cuadro VII.6). Para la economía en su conjunto y frente a un nivel de riesgo alto, la pérdida indirecta ascendería a 9,534 empleos, la inducida a 4,341 y la total a 55,249.

Cuadro VII.5 Impacto en empleo de los principales sectores, por efectos indirectos

Clasificación del sector	Description del sector	RIESGO BAJO				RIESGO MEDIO				RIESGO ALTO			
		Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1	Agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería	8,629	1,087	148	9,864	27,251	3,432	467	31,150	41,374	5,211	708	47,294
4	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	0	320	190	510	0	1,010	600	1,610	0	1,533	912	2,444
31	Comercio (mayoreo y menudeo) y reparaciones	0	155	93	248	0	488	294	782	0	741	446	1,187
9	Químico, excluyendo medicamentos	0	100	46	146	0	315	146	461	0	479	221	700
43	Otras actividades de negocio	0	97	43	140	0	305	137	442	0	463	208	671
33	Transporte terrestre, transporte por pipas	0	46	12	58	0	145	37	182	0	220	56	277
2	Minería y energía	0	33	38	71	0	104	119	223	0	159	181	339
38	Servicios financieros y de seguros	0	26	169	194	0	80	534	614	0	122	810	932
8	Petróleo y combustibles	0	24	9	33	0	75	27	103	0	114	42	156
26	Producción y distribución de electricidad	0	19	8	27	0	59	25	84	0	90	38	128
TOTAL 48 SECTORES		8,629	1,988	905	11,523	27,251	6,280	2,859	36,390	41,374	9,534	4,341	55,249

En cuanto a salarios, el efecto directo y total lo tendría el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” bajo los tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto), posiblemente porque los salarios tienden a ser más altos ahí que en el sector primario, que le siguió en importancia. Por tanto, ante cualquier pérdida de empleo en el sector agrícola, el efecto indirecto en salarios en el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” será mayor (Cuadro VII.6).



**Cuadro VII.6 Impacto en salarios de los principales sectores,
por efectos indirectos (1000 pesos de 2008)**

Clasificación del sector	Descripción del sector	RIESGO BAJO				RIESGO MEDIO				RIESGO ALTO			
		Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1	Agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería	-	11,550	6,869	18,419	-	36,475	21,692	58,166	-	55,377	32,933	88,311
4	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	87,682	11,044	1,501	100,227	276,895	34,876	4,741	316,512	420,395	52,951	7,198	480,544
31	Comercio (mayoreo y menudeo) y reparaciones	-	7,516	4,525	12,041	-	23,735	14,289	38,024	-	36,036	21,694	57,730
9	Químico, excluyendo medicamentos	-	6,508	3,010	9,518	-	20,553	9,505	30,057	-	31,204	14,431	45,635
43	Otras actividades de negocio	-	3,983	4,542	8,526	-	12,579	14,344	26,923	-	19,098	21,778	40,876
33	Transporte terrestre, transporte por pipas	-	3,636	931	4,567	-	11,482	2,940	14,421	-	17,432	4,463	21,895
2	Minería y energía	-	3,229	1,452	4,681	-	10,197	4,585	14,782	-	15,481	6,962	22,443
38	Servicios financieros y de seguros	-	1,654	757	2,411	-	5,224	2,390	7,615	-	7,931	3,629	11,561
8	Petróleo y combustibles	-	1,147	416	1,563	-	3,621	1,315	4,936	-	5,498	1,997	7,495
26	Producción y distribución de electricidad	-	1,095	1,563	2,658	-	3,458	4,936	8,395	-	5,251	7,495	12,745

La elección de cuantificar efectos multiplicadores indirectos e inducidos podría ser controvertida, sobre todo cuando no se cuenta con modelos que desagregan los sectores de manera detallada. Los multiplicadores directos están directamente ligados a la intensidad de la mano de obra utilizada en determinado sector. Como la producción agrícola en México es, en general, intensiva en mano de obra, los efectos directos de un “shock” o impacto en producción son relativamente altos; mientras que los efectos indirectos dependen de qué tan integrado esté el sector con el resto de la economía, y qué tan intensivos en mano de obra son los sectores relacionados.

Para el sector citrícola, los efectos indirectos están por debajo del promedio de la economía mexicana; los vínculos no son elevados, aunque la mayoría de ellos son con sectores que también son relativamente intensivos en mano de obra. El multiplicador indirecto es bajo, 1.2, comparado con el ligeramente mayor a 2 que corresponde al promedio de la economía en su conjunto, lo cual es entendible ante los altos impactos de los efectos directos de la actividad citrícola.

Por otro lado, el efecto inducido para el sector citrícola es bajo, de 0.7, y se refiere al impacto para el conjunto de la economía (por cambios en el ingreso nacional y demanda), como resultado de la demanda de mano de obra ante un impacto en la actividad citrícola. Este bajo efecto inducido para la citricultura refleja dos factores: 1) que los salarios en la actividad citrícola son relativamente bajos y, por tanto, una reducción grande o importante en dicho sector, resultará en una pequeña contracción del ingreso nacional; y 2) El sistema IMPLAN asume homogeneidad en el consumo, o sea, que el patrón de consumo de todos los trabajadores que reciben un ingreso es el mismo; por tanto, el efecto inducido por sector simplemente refleja el tamaño relativo de cada uno en el consumo doméstico. Sin embargo, el ingreso más bajo de los trabajadores que conforman el subsector citrícola más pobre, tendría un impacto desproporcionado en la reducción de la demanda en sectores intensivos en mano de obra como el agrícola, de alimentos y bebidas y el de construcción, por ejemplo, lo cual haría conservadoras las cifras mostradas en el Cuadro VII.6.



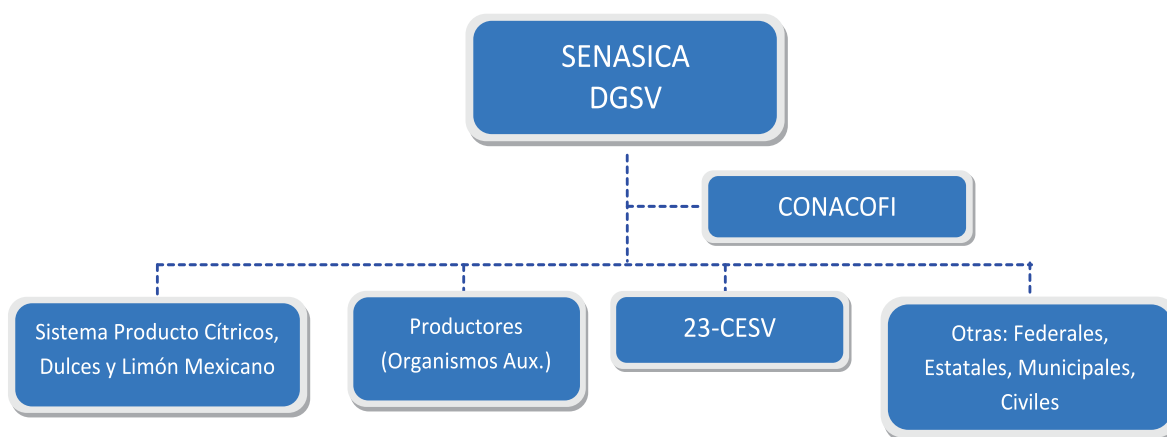
VIII

**ANALISIS COMPARATIVO
DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS
Y/O DE CONTROL CONTRA EL HLB
EN MEXICO Y EN OTROS PAISES**

El ingreso y potencial establecimiento de la enfermedad del HLB representa un problema de interés regulatorio para México, el cual es atendido por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) a través de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). El enfoque actual del SENASICA, en materia sanitaria, es la implementación de campañas fitosanitarias, los cuales dan sustento a las acciones de protección vegetal y confieren certidumbre a los acuerdos comerciales que el país establece con otras naciones, en materia de sanidad e inocuidad.

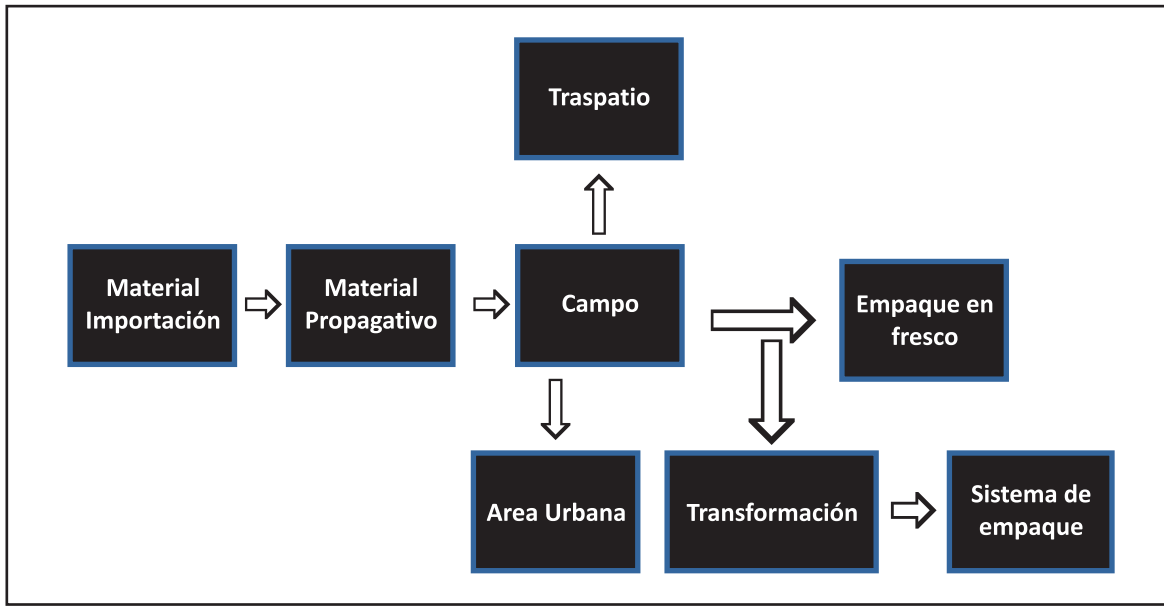
La operación de la sanidad vegetal en territorio nacional involucra a diferentes instancias que coadyuvan al cumplimiento de objetivos fitosanitarios. Por ejemplo, en el caso del HLB, la planeación y ejecución de la NOM-EM-047-FITO-2009, involucra a instancias federales, estatales, colegiadas y civiles (Figura VIII.1). Sus ámbitos de acción legal se ilustran en la figura VIII.2. La NOM-EM-047-FITO-2009 se generó específicamente como parte de un plan de emergencia para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB en México, y se implementó en respuesta a la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, en julio del 2009 en Tizimín, Yucatán.

Figura VIII.1 Instancias y dependencias involucradas en el desarrollo, evaluación y fortalecimiento de estrategias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB



Como se observa en la Figura VIII.2, las áreas críticas de la cadena productiva de los cítricos están involucradas a fin de garantizar la eficacia de la norma. La producción a nivel campo y traspatio, sus abastecedores de material propagativo tanto nacionales como de importación, los empacadores de los productos frescos, transformadores o procesadores de los cítricos como materia prima, así como representantes del sector urbano. La limonaria, planta ornamental de los jardines, es el hospedante preferido por el vector del HLB.

Figura VIII.2 Ambitos de acción de la norma NOM-EM-047-FITO-2009 para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB

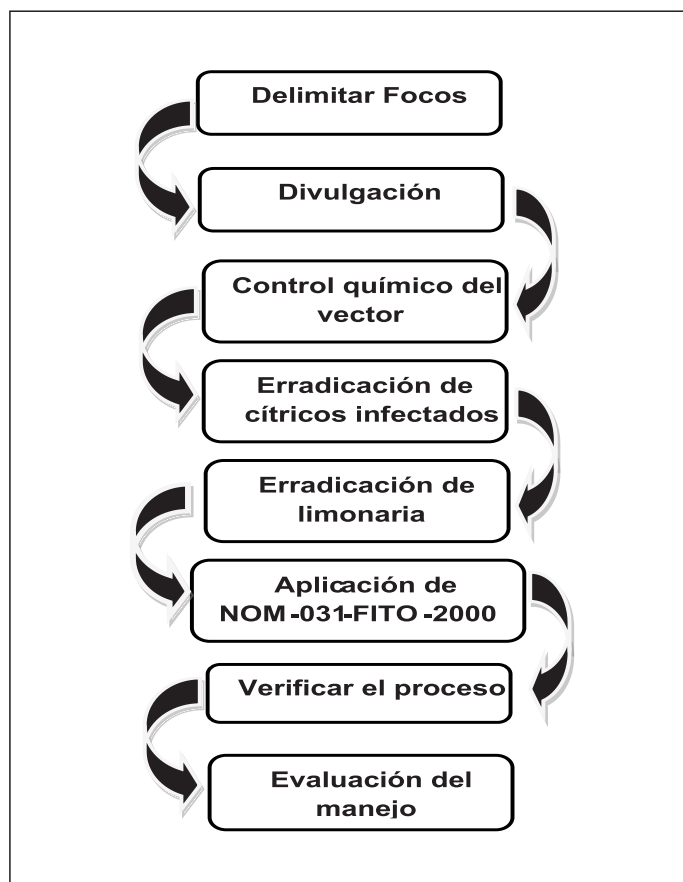


VIII.1. Acciones ejecutadas dentro de la normatividad mexicana

De acuerdo a la NOM-EM-047-FITO-2009, las acciones que actualmente están en ejecución incluyen al Protocolo de Actuación ante la Emergencia por la Detección del Huanglongbing, a actividades de eliminación de plantas positivas, eliminación de limonaria, control del vector, exploración, delimitación del brote, muestreo y diagnóstico, así como capacitación y divulgación. La verificación del proceso y evaluación del manejo del problema se muestra en la Figura VIII.3.



Figura VIII.3 Acciones fitosanitarias para delimitar y controlar un foco de infección de HLB



En el contexto de la estrategia de exclusión del patógeno y/o vector, se tienen normas que directa e indirectamente pretenden impedir el ingreso del HLB a México, a través de inspeccionar la movilización de material en el país y de vías externas; dichas normas se citan en el Cuadro VIII.1

**Cuadro VIII.1 Acciones coordinadas por SENASICA-DGSV
contra *Candidatus Liberibacter* spp. en México**

Exclusión NOM-EM-047-FITO-2009 NOM-007-FITO-1995 NOM-008-FITO-1995 NOM-011-FITO-1995 NOM-062-FITO-1995	Acciones Fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión de HLB en el país.	2009	Establecer medidas fitosanitarias para prevenir el riesgo de introducción y dispersión de la enfermedad por medio del cumplimiento de la norma.	Mantener información nacional sobre la presencia de la enfermedad y tomar las medidas precautorias necesarias para evitar la dispersión HLB.
	Requisitos fitosanitarios y especificaciones para importación de material propagativo.	1995-2009	Establecer medidas de control de material propagativo del HLB por medio de la normatividad establecida.	Disminuir la probabilidad de introducción del HLB por contagio de material.
	Requisitos y especificaciones fitosanitarias para importación de frutas y hortalizas secas.	1995-2009	Establecer medidas de control para frutas frescas, por medio de la normatividad establecida, para evitar la introducción de HLB al territorio nacional.	Disminuir la probabilidad de introducción de HLB por contagio de frutos frescos.
	Por la que se establece cuarentena exterior para prevenir introducción de plagas de cítricos.	1995-2009	Establecer medidas de control de ingreso de productos o subproductos que permitan la introducción de HLB.	Disminuir la probabilidad de introducción de HLB desde el exterior.
	Requisitos y especificaciones fitosanitarias para importación de vegetales, productos y subproductos por correo o mensajería.	1995-2009	Establecer medidas de control de ingreso de productos o subproductos por vía de paquetería o mensajería, que permitan la introducción de HLB.	Disminuir la probabilidad de introducción de HLB por correos o paquetería
Erradicación NOM-EM-047-FITO-2009 PAE-DPF-HLB	Notificación de presencia de HLB por medio de circular a las dependencias respectivas del territorio nacional.	2009	Establecer medidas fitosanitarias para prevenir el riesgo de introducción y dispersión de la enfermedad HLB por medio de la normatividad establecida.	Mantener informado al territorio nacional sobre la detección y presencia de la enfermedad, para así tomar las medidas precautorias necesarias que eviten la introducción y/o dispersión
	Erradicación plantas positivos.	2002	Eliminación directa de las plantas que resulten positivas, ya sea mediante síntomas o por medio del diagnóstico molecular, según la normativa de protocolo de emergencia de HLB	Disminuir el riesgo de establecimiento y dispersión de la enfermedad dentro de las parcelas.
	Erradicación de limonaria.	2010	Eliminación directa de las plantas conocidas como limonarias (Murraya paniculata) mencionado el protocolo de emergencia.	Evitar la multiplicación del vector y reservorios del patógeno.
	Establecimiento de huertas centinelas	2010	Identificar dentro de los estados altamente riesgosos, huertos de control con las características: naranja dulce, huertos de 4 a 10 años, 50 has. mínimo y presencia del psílido.	Mantener en inspección y monitoreo a los sitios de alto riesgo en el país con la finalidad de detectar oportunamente la presencia del patógeno.
Protección NOM-006-FITO-1995 NOM-079-FITO-2002 NOM-031-FITO-2000	Cuidado intensivo de unidades productoras con material propagativo.		Uso de mallas antiáfidos y en el caso de movilizar material propagativo, realizarlo con estricto apego a lo señalado por la norma.	
	Muestreo de plantas y de psílidos.		Realizar recorridos en rutas definidas por organismos auxiliares de sanidad vegetal de cada entidad citrícola y exploraciones y colectas periódicas de planta y vector para detectar plantas con síntomas. Las muestras recolectadas se diagnosticarán para la presencia de la bacteria tanto en psílido como en planta.	
	Cuarentena absoluta y parcial de huertos con HLB		Evitar la movilización de material propagativo de los huertos positivos a HLB de manera absoluta sin excepción, o parcial cumpliendo ciertas especificaciones normativas.	
	Control químico y biológico		Realizar control del vector y cuidado de la planta por medio de aplicación de trampas, entomopatógenos, etc	



Tomando en cuenta los criterios de armonización y estandarización que permitan contar con un sistema único y funcional de vigilancia regional dentro del territorio nacional para salvaguardar la citricultura del país, en el cuadro VIII.2 se mencionan actividades complementarias para contrarrestar la enfermedad del HLB.

Cuadro VIII.2 Actividades complementarias para contrarrestar la enfermedad del HLB

Capacitación	2009	Realizar talleres de capacitación para organismos auxiliares de sanidad vegetal a fin de que, a su vez, este personal se encargue de dar asesoría a productores de cítricos.	Enseñar al personal de las dependencias encargadas de la sanidad de los cítricos, las estrategias para mitigar y controlar en el caso de presentarse la enfermedad, así como mostrar las técnicas requeridas para cuando la enfermedad ya está reportada.
Divulgación	2009	Informar mediante volantes, trípticos, cursos, talleres, etc.	Hacer llegar la información más exacta, relevante y actual al personal auxiliar, productores y otros organismos.
Revisar periódicamente el plan de emergencia	2009	Revisar el plan destinado a contemplar un escenario desfavorable y ubicando éste como una realidad que conlleve a diseñar y emplear medidas adecuadas y necesarias para mitigar y controlar las enfermedades.	Mantener una visualización de un escenario desfavorable para la citricultura, lo cual conlleva a diseñar acciones correctivas en caso de que el HLB tuviera grandes repercusiones en la producción y otros elementos de la cadena productiva.
Sistemas de información de campañas fitosanitarias	2009	Destinar recurso para la creación de un sistema automatizado para generar bases de datos relativas a la información sobre las campañas fitosanitarias de cítricos.	Obtener una fuente confiable de información de los sucesos más recientes y pasados con respecto a las enfermedades de interés cítrícola.
Supervisión y evaluación	2009	Actividades realizadas por parte de las dependencias de sanidad vegetal en la cuales se verifica y certifican las actividades y acciones empleadas contra la enfermedad.	Dar certidumbre de que las actividades contra la enfermedad se están realizando correctamente y que además están dando resultados adecuados.

Al igual que con el patógeno causante del HLB, existen otras plagas de interés regulatorio sobre las cuales SENASICA tiene acción directa para salvaguardar la citricultura nacional; por ejemplo, el virus de la leprosis y tristeza así como a la bacteria responsable del cancro, los cuales causan fuertes problemas en otros países como Brasil y Estados Unidos (Florida). La normatividad mexicana es robusta y congruente con la regulación internacional. Se considera que México cuenta con uno de los sistemas de operación fitosanitario más completos de Latinoamérica, en el que participan instancias estatales certificadas para la planeación y ejecución de acciones de monitoreo, control y manejo de plagas, incluyendo las de interés regulatorio. Estas instancias son los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal (OASV), los cuales incorporan a un representante de la SAGARPA y de los Sistemas Producto especializados en ciertos cultivos, como los de cítricos. Este esquema operativo ha permitido que actualmente se esté desarrollando un sistema de monitoreo del HLB y su vector a nivel nacional, que refleja la importancia que se le está dando a dicha enfermedad (este es el caso de los estados de la Península de Yucatán y recientemente de Jalisco, Nayarit y Colima en donde se han identificado focos de infección); sin embargo, este esquema no cuenta con la infraestructura operativa suficiente para responder a la amenaza que representa esta enfermedad a la actividad cítrícola.



VIII.2. Comparativo de acciones tomadas en México y en otros países para combatir el riesgo de HLB

Conceptualmente existe similitud entre los Sistemas de Vigilancia, Monitoreo y Alerta de Plagas de México y de otros países, dado que la mayoría se rige bajo los estándares que dictan los órganos de Protección Fitosanitaria



internacional u organismos regionales, como el Organismo Internacional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) o la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), de las cuales México es miembro. Sin embargo, no existe suficiente información sobre las acciones que se están llevando a cabo con respecto al HLB, en ciertos países como Belice y Guatemala, que son estratégicos en la movilización de la plaga/vector hacia México, por su localización geográfica en el área donde la influencia de huracanes es frecuente. Incluso en Estados Unidos, no son claras las acciones que se desarrollan oficialmente para el manejo de dicha enfermedad.

Convencionalmente, un plan de acción fitosanitario involucra acciones preventivas (exclusión) y de protección (erradicación y protección) en un contexto regulatorio (Mora et al., 2010). En el caso de México, son claras las acciones que se están desarrollando bajo el plan de acción contra el HLB (Cuadro VIII.1 Cuadro VIII.2), mientras que la información similar correspondiente a Florida, EUA, es limitada (cuadro VIII.3). En México se tiene acceso a mucha información epidemiológica del HLB en Estados Unidos, en parte por los esfuerzos de colaboración individual entre investigadores de ambos países, pero no se conoce ampliamente sobre las acciones de manejo de la enfermedad implementadas oficialmente, debido a que no existen convenios institucionales de intercambio de información en la materia (Irey, 2009; Qureshi et al., 2009; Srinivasan et al., 2008; Meyer et al., 2008; Gottwald et al., 2007).

En Brasil también existe una gran cantidad de información epidemiológica y de manejo, impulsada y sistematizada principalmente por organizaciones de productores (cuadro VIII.4), como es el caso de FUNDECITRUS (Belasque et al., 2009; Lopes et al., 2007). Sin embargo, no es clara la función gubernamental en la coordinación, planeación y ejecución de acciones oficiales contra la enfermedad, detectándose una gran diferencia en el manejo de problemas de interés regulatorio en cítricos entre los estados; Sao Paulo es la entidad con mayor inversión privada y estatal para financiar el manejo fitosanitario de cítricos. Este estado ha desarrollado fuertes programas de erradicación de cítricos para el manejo de enfermedades como la muerte súbita (Loeza et al., 2008; Rivas et al., 2008), cancro (Armando Bergamin Filho. 2005. Comunicación personal. ESALQ, Br.) y actualmente el HLB (Belasque et al., 2009).

Comparativamente, Florida, una de las entidades citricolas más importantes de Estados Unidos, con presencia del vector desde 1998 (cuadro VIII.5), prácticamente no ejecutó acciones oficiales de manejo previo a la aparición del patógeno en el 2005 (Irey et al., 2009), y las que actualmente se desarrollan son de protección mediante el control químico y, en menor medida, de control biológico del vector (Cuadro VIII.3), Para Australia se reportan antecedentes de manejo regulatorio aparentemente exitosos (Bellis et al., 2005).



Cuadro VIII.3 Acciones contra el HLB emitidas por otros países

Principio	Método	Lugar	Efecto	Citas
Exclusión	Estrategia cuarentenaria en el Norte de Australia para evitar la introducción de <i>Diaphorina citri</i> y HLB.	Australia.	La estrategia cuarentenaria en el Norte de Australia fue exitosa hasta 2005, pues no se detectó la presencia del psílido asiático de los cítricos, y cuando se sospechó de una planta con los síntomas característicos de HLB, al analizarla resultó negativa a la bacteria.	Bellis <i>et al.</i> , 2005
Erradicación	Eliminación de la bacteria, mediante un proceso de criopreservación.	Guangdong provincia, China.	El proceso de criopreservación eliminó la bacteria en los cinco genotipos evaluados (plántula) de cítricos, en más del 90%.	Ding <i>et al.</i> , 2008.
	Eliminación de árboles sintomáticos por medio de inspecciones periódicas.	Brasil	Se realiza un proceso de inspección en las parcelas y se erradican los árboles que presenten los primeros síntomas de HLB. Bajo este mecanismo sólo se han erradicado anualmente 2% de árboles a partir del inicio de este principio.	Belasque <i>et al.</i> , 2009
Protección	Control biológico de <i>Diaphorina citri</i> por <i>Tamarixia radiata</i> (parasitoide).	Florida, EUA	<i>Tamarixia radiata</i> fue recuperada en el cuarto y quinto instar ninfal de <i>Diaphorina citri</i> , en 26 de las 28 muestras analizadas. Sin embargo, el porcentaje de incidencia de parasitismo varía durante el año, presentándose con mayor eficiencia de Septiembre a Noviembre (56%), y con menor eficiencia en la primavera y el verano (<20%).	Qureshi <i>et al.</i> , 2009.
	Repelencia de hojas de guayaba a <i>Diaphorina citri</i> .	China		Zaka <i>et al.</i> , 2009.
	Control químico de <i>Diaphorina citri</i> , al combinar Silwet L-77 con Imidacloprid ó Abamectina.	Florida, U.S.	Las hojas de guayaba secretan sustancias volátiles repelentes para el psílido de los cítricos, el cual reduce su presencia en los huertos de cítricos cuando existen también plantas de guayaba.	Srinivasan <i>et al.</i> , 2008.
	Control biológico con el hongo <i>Isaria fumosorosea</i> .	Florida, U.S.		Meyer <i>et al.</i> , 2008.
	Poda de cítricos	Brasil	Al combinar Silwet L-77 con Imidacloprid o Abamectina, se incrementa la mortalidad de huevecillo, ninfas y adultos en más del 90%. El hongo <i>Isaria fumosorosea</i> , infectó a todos los adultos de <i>Diaphorina citri</i> , expuestos a él. Se intentó utilizar la poda como estrategia de manejo para la enfermedad (Huanglongbing), sin embargo no funcionó debido a que la bacteria es sistémica y se encuentra en toda la planta, no solo en algunas de sus partes. Al momento de la poda había un 41% de incidencia, mientras que a la muerte del árbol aumentó a 50%.	Lopes <i>et al.</i> , 2007.

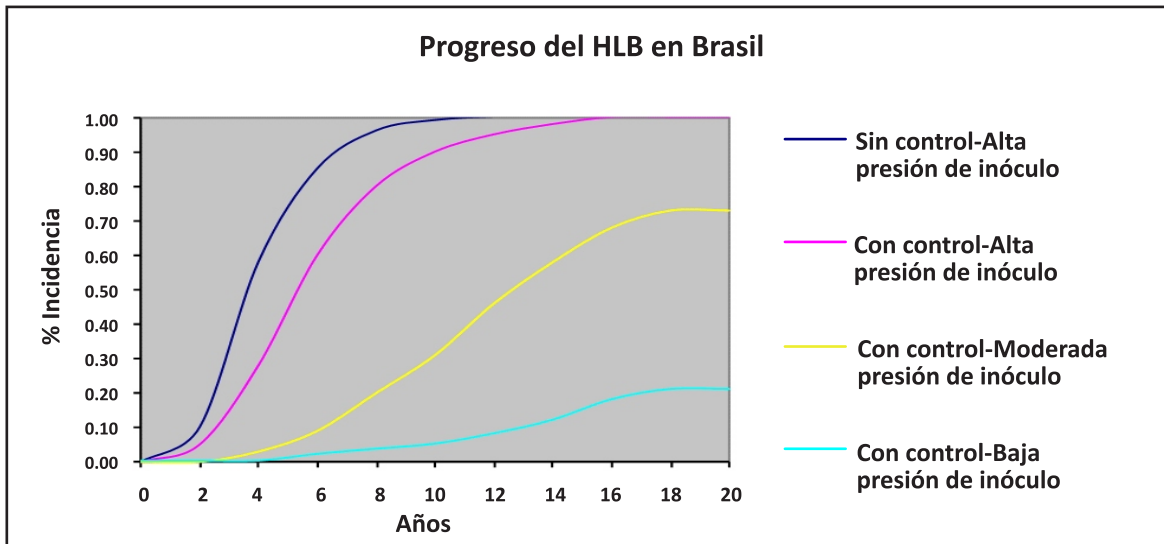


Comparando a Sao Paulo, Brasil con Florida, E.U., dos importantes casos endémicos del HLB, se considera que la erradicación en Brasil ha generado perspectivas de convivencia con la enfermedad (Figura VIII.4 y Cuadro VIII.4), mientras que en Florida el futuro cítrícola no es previsible (Pedro Robles, 2010, de la DGSV, comunicación personal).

Cuadro VIII.4 Tasas epidémicas de HLB en distintos países bajo diferentes esquemas de manejo

Epidemia ¹	Tipo Control	Principio	Tasa Epidémica ²	r ²
Taiwán	Con control	Fumigante	0.0940	0.8971
Cuba	Con control	Erradicación	0.0960	0.920
Brasil1	Sin Control y alta presión de inóculo	Erradicación y control del vector	0.019	0.999
Brasil2	Con control y alta presión de inóculo	Erradicación y control del vector	0.013	0.996
Brasil3	Con control y moderada presión de inóculo	Erradicación y control del vector	0.0084	0.999

Figura VIII.4 Progreso del HLB en Brasil bajo escenarios con y sin control de la enfermedad



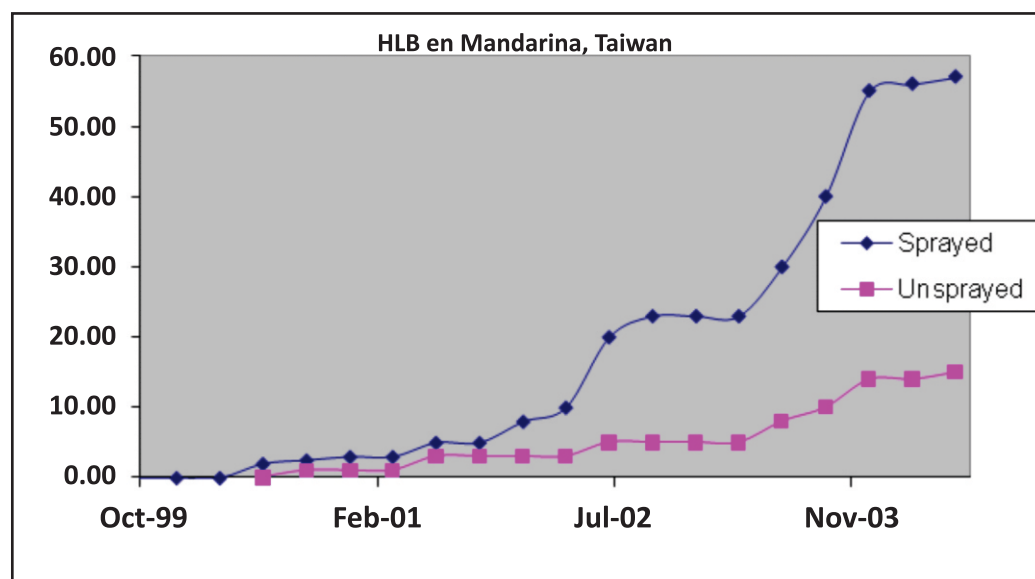
Los resultados de Brasil y los actuales de México indican que la dispersión del patógeno puede reducirse pero no evitarse, en parte, por la movilidad aérea del vector y del material propagativo. Por tanto, las estrategias de protección con acciones contra el vector son imperativas

La Figura VIII.5 muestra el progreso de la enfermedad en Taiwán, con la especie mandarina, bajo escenarios con y sin control.

¹ Citas en el cuadro VIII.3.

² Estimado con modelo de Weibull (1/b) donde b=tasa epidémica. Análisis de los autores con datos publicados (Belasque et al., 2009; Batista, 2009; Su, 2008).

Figura VIII.5 Progreso del HLB en Taiwán, con mandarina, bajo escenarios con y sin control



En México, las acciones de la DGSV con respecto al HLB, bajo el contexto de los principios de exclusión, erradicación y protección, incluyen:

- a) **Exclusión.** Entre las normas emitidas en el país para cumplir con este principio se encuentran: NOM-EM-047-FITO-2009, NOM-007-FITO-1995, NOM-011-FITO-1995, NOM-079-FITO-2002 (cuadro VIII.1), las cuales engloban requerimientos y especificaciones que deben cumplir vegetales, productos o subproductos y material vegetal propagativo para poder ser transportados o movilizadas en el interior del país o del exterior hacia el territorio nacional.

En Australia, algunas de las acciones realizadas dentro de este concepto, se engloban en una estrategia cuarentenaria de cítricos de la parte norte del país (Bellis, et al. 2005) (cuadro VIII.3), con el propósito de evitar la introducción del vector (*Diaphorina citri*). En México, dado que la enfermedad se detectó en 2009, la estrategia se modificó mediante las normas que contemplan aspectos de control en la movilización del todo aquel material de riesgo de contagio (vegetal propagativo, frutas y/o hortalizas frescas, productos y subproductos).

- b) **Erradicación.** Es una de las acciones que entra en vigor al ser detectada la presencia de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en vector o en planta. Para ello, México tiene en marcha su plan de eliminación de plantas con síntomas de HLB, comprendido en el protocolo de actuación ante la emergencia por la detección de HLB (PAE-DPF-HLB y NOM-EM-047-2009) emitido por el SENASICA y en el cual se enumeran las acciones que deben realizarse en caso de encontrar plantas positivas a la enfermedad, así como para las entidades con ausencia del HLB.



Una de las nuevas acciones a implementar bajo este principio es la erradicación de *Murraya paniculata* conocida comúnmente como limonaria; planta ornamental hospedera de *D. citri* que la convierte en una especie de riesgo de atracción del vector. Sin embargo, esta acción debe ser revalorada frente a la amplia distribución de este ornamental en territorio nacional y posible efecto de “planta trampa” para el vector.

Otra acción corresponde al establecimiento de SIVEF para saber si está presente o no la bacteria causante del HLB, consistente en ubicar dentro de las entidades de mayor riesgo, parcelas con las siguientes características:

Cuadro VIII.5 Especificaciones para determinar una huerta centinela

Especie de cultivo	Naranja dulce
Edad del cultivo	4 a 10 años
Número de hectáreas	50 o menos hectáreas
Antecedentes	Presencia de psílido vector (<i>D.citri</i>)

En Brasil se monitorean e inspeccionan periódicamente síntomas de HLB, erradicando las plantas identificadas con síntomas de la enfermedad, las cuales ascendieron a sólo el 2% en un año (Belasque, *et al.* 2009) pese a tener presencia del patógeno en casi la totalidad (228) de los municipios de Sao Paulo en 2009 (www.fundecitrus.com.br), Cuadro VIII.3. Por otro lado, en la provincia de Guangdong, China, se erradicó la bacteria (*Candidatus Liberibacter spp.*) por medio del método de crioconservación *in vitro* (Ding, *et al.* 2008) teniendo una efectividad del 90%.

- a) Protección.** Algunos de los métodos de control que se emplean en México bajo este principio incluyen, desde la detección de HLB en Tizimín, Yucatán; como el control químico (mediante el cual se realizan fumigaciones para controlar y disminuir las poblaciones del vector), y el plan de producir oficialmente *Tamarixia radiata*, como agente de control biológico en el CESV de Yucatán y Colima. Por su parte, en Brasil se realizan aplicaciones (aéreas y terrestres) de insecticidas a los huertos citrícolas comerciales y de traspatio, y se han podado las plantas periódicamente, (www.fundecitrus.com.br); sin embargo, el método de poda no fue exitoso debido a la sistematicidad de la infección (Lopes, *et al.* 2007). En Florida, por otro lado, se realiza el control químico por medio de la combinación de 2 o más insecticidas (Silvet-L77 con Imadacloprid o Abamectina) teniendo una eficiencia de hasta el 90% (Srinivasan, *et al.* 2008).

En lo que se refiere a otros métodos de control, en China, por ejemplo, se prueba la repelencia de la hoja de guayaba al psílido asiático (Zaca, *et al.* 2009) en la disminución de poblaciones de *D. citri*.



Independientemente de lo anterior, un elemento importante al que México deberá darle especial atención, a fin de estar monitoreando, analizando y deteniendo la dispersión del patógeno del HLB en el país, es continuar con la integración sistematizada de bases de datos sobre el clima, medio físico, hospedantes, organismos benéficos, controles y detecciones en puertos de entrada, etc. Así mismo, reforzar programas de colaboración con otros países para el intercambio de información sobre experiencias de manejo, desarrollos tecnológicos y de investigación con respecto a dicha enfermedad. La experiencia observada del HLB así como de otras enfermedades (la roya asiática, por ejemplo), evidencia que ningún país puede, por sí mismo, ser exitoso en el manejo de un problema fitosanitario, si no cuenta con el apoyo de otros países que también lo enfrentan; una enfermedad que tiene presencia en varios países o regiones, tiene que ser abordada con estrategias conjugadas, creativas e incluyentes. El actual convenio entre México, Estados Unidos y Belice, tal vez debería incluir a otros países como Guatemala y Brasil para prevenir, al máximo, la diseminación del HLB, no solamente a sus propias regiones productoras de cítricos sino, a la de otros países del continente americano que enfrentan el riesgo de la enfermedad o ya la tienen, sirviendo como mecanismo de contagio a otros. Obviamente ello implicaría, el establecimiento de una estrategia a nivel continente.

Cuadro VIII.6 Primeras detecciones del vector (*Diaphorina citri*) de *Candidatus Liberibacter spp.* en países de interés para fines de epidemiología comparativa

PAÍS	FECHA DE DETECCIÓN	ESTADO DE DETECCIÓN	NOMBRE DEL VECTOR
BRASIL	1942	Sao Paulo	<i>D. citri kuwayama</i>
ESTADOS UNIDOS	1998	Florida	<i>D. citri kuwayama</i>
MÉXICO	2002	Campeche	<i>D. citri kuwayama</i>



En suma, de la interpretación y análisis de la información arriba mencionada, se puede concluir que:

1. En términos generales, la vigilancia epidemiológica que sigue México con respecto al HLB posee ventajas frente a la existente en otros países, por el carácter territorial de sus normas, operación y esquema de financiamiento.
2. México posee una infraestructura nacional, representada por la DGSV del SENASICA y los OASV que le permite aplicar y operar un sistema regional y territorial de búsqueda de la enfermedad.
3. El estado actual de la vigilancia epidemiológica opera de manera centralizada mediante los lineamientos de la DGSV del SENASICA y se aplica a *Candidatus Liberibacter spp.* en estatus de exclusión y/o erradicación.



4. Los OASV no tienen suficiente infraestructura y capacidad operativa para ejecutar una vigilancia epidemiológica efectiva del HLB con fines preventivos y de protección mediante la aplicación de dichos principios.
5. La vigilancia epidemiológica en México, atraviesa actualmente por un estado de transición. Para la plaga de exclusión como el HLB se realiza la migración de un estado puramente normativo a una condición efectiva de detección, inspección, monitoreo, registro, valoración del riesgo y remediación; mientras que para las plagas endémicas, la transición implica el uso de criterios biológicos sobre criterios administrativos, como la cantidad de hectáreas atendidas.
6. En ciertos estados del país ya existen sistemas de pronóstico, principalmente determinísticos con base en unidades térmicas, fototérmicas o con criterios asociados a la biología de la plaga o planta. Metodológicamente, dichos modelos pueden adaptarse al vector *D. citri* en otras regiones, previo proceso de desarrollo y validación específica al área de interés.
7. Considerando que el éxito de un sistema de vigilancia epidemiológico en México dependerá, en gran parte, de la efectiva integración de la red nacional de los OASV, tres aspectos a mantenerse dentro del mismo, bajo mejora continua son: inversión, capacitación y comunicación.



IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se evaluaron los impactos económicos que traería consigo el HLB de los cítricos en México, de no tomarse medidas preventivas o de control al respecto, a tres niveles de la cadena citrícola: actividad productiva primaria, etapa agroindustrial y para la economía en su conjunto, a 3 y 5 años de establecida la enfermedad en territorio nacional. Así mismo, se realizó un análisis comparativo de las acciones que ha venido implementando México contra el HLB, frente a las ejecutadas por otros países que también están expuestas a dicho riesgo.

La estimación de escenarios de riesgo en la etapa productiva primaria de los cítricos se basó en un análisis epidemiológico de la enfermedad, diseñando una matriz ex profeso para tal fin, que fue estimada bajo un enfoque estadístico multivariado que incluyó el análisis factorial y el de conglomerados; mientras que los escenarios de pérdida estimados para la agroindustria, tuvieron como punto de partida los generados en la etapa productiva primaria, además de los coeficientes técnicos calculados con la información obtenida de diversas fuentes y mediante la encuesta aplicada a las empresas y plantas procesadoras seleccionadas a través de un muestreo estratificado. Los impactos que traería consigo el HLB a la economía en su conjunto consideraron los escenarios generados, tanto a nivel producción primaria como agroindustrial, utilizando como herramienta de evaluación el modelo insumo producto, NAID-IMPLAN.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación para las tres etapas de la cadena citrícola mexicana, los cuales se sustentan en los supuestos y escenarios planteados.

IX.1. Conclusiones

Pérdidas potenciales para la actividad citrícola primaria

Para el primer escenario, que consistió en la estimación de pérdidas potenciales de producción citrícola bajo un esquema epidémico de alta intensidad y distribución generalizada y simultánea en todas las zonas productoras del país, los resultados indicaron:

- Que el impacto potencial del HLB depende de la magnitud de superficie sembrada y nivel de los rendimientos en los distintos estados del país, siendo Veracruz con naranja, toronja y limón persa, el estado que enfrentaría un impacto alto en pérdida de su producción; Colima y Michoacán, con limón agrio o mexicano, de alto a moderado; y Tamaulipas con naranja, moderado y, con toronja, bajo. La naranja representó el 43% del valor total de la producción de cítricos en 2008, limón mexicano 33%, limón persa 16%, toronja 5%, mandarina 2% y el limón italiano alrededor del 1%.
- Con naranja exclusivamente, Sonora, Tamaulipas, Morelos y Jalisco enfrentarían impacto moderado; mientras que Nuevo León y San Luis Potosí, aunque cultivan más de 25 mil hectáreas, por tener bajos rendimientos enfrentarían un impacto bajo, al igual que el resto de entidades productoras de naranja. La pérdida en producción nacional de naranja ascendería a 1.8 millones de toneladas, contribuyendo Veracruz con el 47% (846,543 toneladas), el conjunto de estados expuesto a riesgo moderado (Jalisco, Morelos, Sonora y Tamaulipas) con el 18% (329,354 toneladas), y los estados restantes, que estarían expuestos a un impacto bajo, con el 35% (644,743 toneladas, en conjunto).



- A la pérdida en producción nacional de toronja, Veracruz contribuiría con el 63% (111,949 toneladas); mientras que 8 estados con el 20% (36,077 toneladas) y otros 10 entidades con el 17% restante (30,195 toneladas).
- Las pérdidas que enfrentaría el país en la producción de limón agrio serían del orden de las 183,168 toneladas, a las cuales Colima, al estar expuesta a un impacto alto del HLB, contribuiría con el 48% (87,765 toneladas); Michoacán frente a impacto moderado, con el 32% (59,071 toneladas); y otros 20 estados expuestos a impacto bajo, con el 20% restante (36,332 toneladas). De limón persa, Veracruz perdería 75,987 toneladas, contribuyendo con el 64% a la pérdida nacional; otros 5 estados (Tabasco, Puebla, Colima, Jalisco y Sinaloa) que enfrentarían impacto moderado, con el 19% (22,882 toneladas); y 14 entidades, ante impacto bajo, con el 16% restante (19,380 toneladas).
- La pérdida nacional para el conjunto de cítricos, frente a un impacto bajo del HLB, sería de 1.84 millones de toneladas equivalentes al 25% de su producción, correspondiendo a naranja y toronja las mayores pérdidas (33%), seguidas de la mandarina (17%) y finalmente del limón en sus distintas variedades (10%). Ante un impacto moderado, la pérdida sería de 2.35 millones de toneladas (32% de la nacional), siendo nuevamente los mayores impactos para naranja y toronja (del 42%). Frente a un impacto alto, la pérdida se incrementaría a 3 millones de toneladas equivalentes al 41% de la producción del país, creciendo el impacto para naranja y toronja al 53%, para mandarina al 26% y para limón al 18%.
- La pérdida de jornales para el cultivo del conjunto de cítricos crecería de 4 millones frente a un impacto bajo, a 12.6 millones ante un moderado y a 19.3 millones ante un alto.

Para el segundo escenario, que consideró condiciones biológicas implícitas a la temporalidad y espacialidad del proceso epidémico; esto es, una intensidad variable y distribución gradual de HLB en el país, los resultados indicaron que:

- El escenario epidémico del HLB en México puede ser variable en función de la inductividad diferencial regional, entre los que destaca el clima y la estructura de hospederos cítricos en relación a susceptibilidad al patógeno y superficie sembrada. Veracruz, Colima y Michoacán se consideran entidades de alto riesgo epidémico y de impacto comercial. La Península de Yucatán y la vertiente del Pacífico constituyen regiones de riesgo epidémico pero de relativo bajo impacto económico local.
- Frente a un riesgo donde concurrirían en tiempo, entidades federativas con epidemias a tres grados de intensidad distinta (alta, moderada y baja) el porcentaje combinado máximo de pérdida sobre la producción nacional para el conjunto de cítricos sería de un 14%, equivalente a un millón de toneladas, al año de establecido el patógeno; de 24% (1.7 millones de toneladas) a tres años; y de 38% (2.7 millones de toneladas de fruto) a cinco años.
- Desagregando los impactos por especie cítrica en los tiempos y niveles de riesgo epidémico, a 3 años de establecido el HLB, frente a un escenario de riesgo alto, la pérdida total de cítricos en el país sería de 1.7 millones de toneladas y de 12.2 millones de jornales, correspondiendo los mayores impactos a naranja (1.4 millones de toneladas y 9.6 millones de jornales) y en menor medida a toronja (196 mil toneladas y 1.2 millones de jornales), limón –persa, agrio e italiano- (153 mil toneladas y 1.3 millones de jornales para el conjunto de las 3 variedades) y mandarina (22 mil toneladas y 201 mil jornales).



- A cinco años de establecida la enfermedad y ante un riesgo alto, la pérdida en la producción nacional ascendería a 2.7 millones de toneladas de cítricos y a 19.3 millones de jornales, siendo nuevamente los mayores impactos para naranja, con cerca de 2 millones de toneladas y 13.7 millones de jornales; seguida de toronja, con 260 mil toneladas y 1.6 millones de jornales; conjunto de variedades de limón, con 415 mil toneladas y 3.5 millones de jornales; y finalmente mandarina, con 60 mil toneladas y 543 mil jornales.

Pérdidas potenciales para la agroindustria cítrica

Se estimaron los indicadores técnicos de la estructura de costos de producción, para cítricos dulces y cítricos agrios a 2008, tanto para las empresas acondicionadoras (empacadoras, cepilladoras, enceradoras) como las transformadoras (extractoras de jugos, aceites esenciales, deshidratadoras de cáscara y extractoras de pectina), los cuales se determinaron a partir de los insumos y productos generados, referenciados al costo y disponibilidad de la materia prima, sirviendo de base para la estimación de las pérdidas potenciales en la agroindustria. También se calculó un indicador para la mano de obra directa, en función de las toneladas de cítrico procesadas.

- A partir del impacto estimado en la producción primaria de cítricos, considerando los escenarios bajo, moderado y alto, la reducción de la materia prima que pueden enfrentar las acondicionadoras y plantas procesadoras de cítricos agrios sería del 4% frente a un escenario de pérdida bajo, de 9% ante un moderado y de 19% frente a un alto (bajando de 2.41 millones de toneladas que procesaron en 2008 a 1.97 millones), a cinco años de establecida la enfermedad; mientras que de cítricos dulces sería de 11%, 33% y 48%, respectivamente. La reducción de materia prima para el empaque llegaría a 366 mil toneladas frente a un impacto alto, mientras que para las plantas de procesamiento a 76 mil toneladas.
- La cantidad de cítricos dulces (naranja, mandarina y toronja) a procesar por las agroindustrias se reduciría de 5.95 a 3.18 millones de toneladas, frente a un impacto alto del HLB y a los cinco años de establecido; mientras que la reducción llegaría a 2.24 millones de toneladas para las empresas acondicionadoras (empaques) y a 524 mil toneladas para las plantas procesadoras.
- La pérdida de empleos directos en la agroindustria de cítricos, como consecuencia de la reducción en los volúmenes de materia prima, sería de 3,774 al año, correspondiendo el 87% a las empresas que industrializan cítricos dulces y el 13% restante a las de cítricos agrios. Los empleos directos de la agroindustria de cítricos dulces se reducirían en 3,289 plazas (de 7,072 en 2008 a tan solo 3,783 a cinco años de establecido el HLB); mientras que los de cítricos agrios en 485 (de 2,652 a 2,167).
- A tres años de establecido el HLB, la pérdida en el ingreso de las agroindustrias cítricas sería de 507, 1,632 y 2,517 millones de pesos de 2008, frente a un riesgo bajo, moderado y alto, respectivamente; mientras que en generación de divisas, mediante exportaciones, de 130, 404 y 645 millones. Por su parte, la pérdida de empleos sería de 282 ante un riesgo bajo, 929 frente a moderado y 1,396 ante un alto.
- Las pérdidas en el valor de la producción de las agroindustrias mexicanas de cítricos a cinco años de infestación, de no tomarse medidas preventivas y/o de control contra dicha enfermedad, para las plantas de cítricos agrios serían de \$1,385 millones de pesos del 2008, ante un escenario de impacto





alto, de \$676 millones frente a uno moderado y de \$283 millones ante un bajo; siendo el mayor impacto para las emparadoras y en menor medida para las procesadoras. Los ingresos brutos de las emparadoras se reducirían \$1,218 millones (bajando de \$6,658 a \$5440 millones de 2008); mientras que los de las empresas procesadoras \$131 millones (de \$720 a \$589 millones).

- El valor de la producción de cítricos dulces se verá mayormente afectado porque dichos frutos presentan mayor susceptibilidad al HLB; la pérdida ascendería a \$1,131 millones ante un escenario de riesgo bajo, a \$3,751 millones frente a riesgo moderado y a \$5,419 millones ante un riesgo alto. Las emparadoras verían reducido su ingreso en \$3,932 millones de 2008, en presencia de un riesgo alto (de \$8,456 a \$4,524 millones); mientras que las procesadoras en \$1,369 millones (de \$2,944 a \$1,575 millones), también a cinco años de establecida la enfermedad.
- El impacto que traería consigo el HLB en la exportación mexicana de cítricos frescos y procesados, implicará una reducción en el ingreso de divisas al país, de 157 millones de dólares con respecto a 2008, equivalente al 30% (de 505 millones a 348 millones), frente a un riesgo alto y a cinco años de infestación. Los cítricos dulces dejarían de ingresar divisas por 106 millones de dólares, ante un riesgo alto, 73 millones frente a un moderado y 22 millones ante un bajo; mientras que los cítricos agrios por 51, 25 y 10 millones, respectivamente.

Pérdidas potenciales para la economía mexicana en su conjunto

Partiendo de los multiplicadores de empleo calculados por el modelo, los impactos estimados directos (para el sector agrícola), los indirectos (para las industrias que abastecen insumos al sector agrícola), así como los inducidos (para la economía en su conjunto por las reducciones de ingreso en sectores afectados directa e indirectamente), a uno, tres y cinco años de establecido el HLB serían:

- A un año de la infestación, la pérdida total de empleos de tiempo completo en la actividad citrícola nacional sería de 4,105, 17,988 y 27,463, respectivamente, para cada uno de los escenarios de bajo, medio y alto riesgo; mientras que a los tres años de 9,434, 30,628, y 80,691, respectivamente. A los cinco años, la pérdida total ascendería a 26,311, 82,815 y 126,439, siendo la pérdida de los directos de 16, 50, y 77 mil empleos, ante cada nivel de riesgo, los indirectos (inter-industria) de 8, 25 y 38 mil, respectivamente, y los inducidos (para los sectores restantes de la economía), de 2, 7 y 11 mil. Las actividades relacionadas a la producción de naranja y sus derivados absorberían los mayores impactos.
- La pérdida en el valor de la producción nacional sería mayor para el sector primario (que incluye a la agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería), dentro de los 10 principales sectores que resultarían afectados ante la potencial infestación del HLB, bajo los tres escenarios de riesgo establecidos; tanto en efecto directo, como indirecto e inducido.
- A cinco años de la infestación y frente a un riesgo alto, la pérdida directa en el valor de la producción del sector primario ascendería a 3,800 millones de pesos de 2008; mientras que la indirecta a 479 millones, la inducida a 65 millones y la total a 4,343 millones. En orden de importancia seguiría el sector "comercio y reparaciones"; el de "productos alimenticios, bebidas y tabacos"; y el de "otras actividades de negocio". Para la economía en su conjunto (total de 48 sectores) y frente a un riesgo alto, el impacto indirecto sería de 2,003 millones de pesos, el inducido de 1,183 millones y el total de 6,965 millones.



- También el sector “agricultura, ganadería, bosque, pesca y cacería” absorbería las mayores pérdidas de empleo, ante los tres niveles de riesgo, aunque el efecto inducido y total del “sector productos alimenticios, bebidas y tabaco” lo superaría en los tres casos. Para la economía en su conjunto y ante un nivel de riesgo alto, la pérdida indirecta ascendería a 9,534 empleos, la inducida a 4,341 y la total a 55,249.
- El mayor efecto directo y total de salarios lo tendría el sector “productos alimenticios, bebidas y tabaco” bajo los tres niveles de riesgo (bajo, medio y alto), posiblemente porque las remuneraciones de ese sector tienden a ser más altas que en el sector primario, que le siguió en importancia. Por tanto, ante cualquier pérdida de empleo en el sector agrícola, el efecto indirecto en salarios en el sector productos alimenticios, bebidas y tabaco sería mayor.

Comparación de medidas preventivas y/o de control contra el HLB en México y otros países

- En respuesta a la detección de *Candidatus Liberibacter asiaticus* en Tizimín, Yucatán en julio del 2009, México respondió inmediatamente con un protocolo de actuación ante la emergencia por la detección de huanglongbing (HLB), para mitigar el riesgo de introducción y dispersión, el cual se contempla en la NOM-EM-047-FITO-2009 que entró en operación.
- La vigilancia epidemiológica que sigue México con respecto al HLB posee ciertas ventajas frente a la existente en otros países, por el carácter territorial de sus normas (opera actualmente de manera centralizada mediante los lineamientos de la DGSV del SENASICA y se aplica a *Candidatus Liberibacter spp.* en estatus de exclusión y/o erradicación); sin embargo, la infraestructura operativa con que cuenta dicho sistema de vigilancia, a nivel estatal, es insuficiente para enfrentar el gran riesgo que representa la enfermedad a la citricultura nacional.
- Los resultados de Brasil y los actuales de México señalan que la dispersión del patógeno puede reducirse pero no evitarse, debido a la movilidad aérea del vector y del material propagativo; por lo que la ejecución de acciones contra el vector son imperativas.
- Aunque en Florida, E.U. se detectó la presencia del vector desde 1998, prácticamente no se ejecutaron acciones por parte del gobierno, previo a la aparición del patógeno en el 2005. Las que actualmente se desarrollan son de protección mediante control químico y, en menor escala, a través de control biológico del vector.
- En Brasil no es clara la función gubernamental en la coordinación, planeación y ejecución de acciones contra la enfermedad, observándose una gran diferencia en el manejo de problemas de interés regulatorio en cítricos entre los estados, siendo Sao Paulo la entidad con mayor inversión privada y estatal destinada al manejo fitosanitario de dichos cultivos. En dicho estado, se monitorean e inspeccionan periódicamente los efectos de HLB, erradicando las plantas identificadas con síntomas de la enfermedad. El patógeno estuvo presente en casi la totalidad de los municipios de Sao Paulo en 2009.
- En la provincia de Guangdong, China, se erradicó la bacteria (*C. Liberibacter spp.*) por medio del método de crio-conservación in vitro (Ding, et. al. 2008) teniendo una efectividad del 90%.



IX.2. Recomendaciones

Con base en las conclusiones antes mencionadas, y en las sugerencias planteadas por personal profesional de la SAGARPA (SENASICA, INIFAP, Dirección General de Promoción Agrícola de la Subsecretaría de Agricultura, Coordinadores de la Campaña HLB y de la Campaña Plagas Cuarentenarias de los Cítricos en los Comités Estatales de Sanidad Vegetal), representantes del Sistema Producto Limón Persa y de la Asociación Nacional de Procesadores de Cítricos, en el taller organizado por el IICA para comentar los resultados del presente estudio, a continuación se presentan las siguientes recomendaciones:

Acciones a implementar por la SAGARPA y gobiernos estatales

1. Que la SAGARPA, a través del SENASICA u otra dependencia que le corresponda, otorgue el apoyo técnico y financiero necesario para la logística y ejecución de actividades de exploración, muestreo y diagnóstico del HLB y su vector en sitios estratégicos, para la detección oportuna de esta enfermedad, así como para el correspondiente manejo fitosanitario en zonas urbanas.
2. Que SENASICA y la Subsecretaría de Agricultura, con el apoyo de los Sistemas Producto y Consejos Estatales de Productores, diseñen y pongan en marcha a la brevedad, un programa de capacitación y divulgación intensiva en reconocimiento de síntomas y otras acciones que deben realizarse para enfrentar al HLB y su vector, a fin de que los productores y viveristas se concienticen del problema y participen en las actividades que les corresponde.
3. Que el SENASICA ponga en marcha un sólido esquema de vigilancia epidemiológica, que opere a nivel nacional y regional para el HLB y su vector, difundiéndolo de manera clara y rápida a todos los involucrados, a fin de que cooperen en las actividades que les compete.
4. Fortalecer, y dar a conocer a los involucrados, el programa regional preventivo y/o control contra el HLB, entre México, EUA y Centroamérica.
5. Desarrollar y poner en marcha un sistema automatizado de información, con datos históricos y actualizados permanentemente, relativos al clima, medio físico, hospedantes, manejo agronómico, organismos benéficos y dañinos, controles y detecciones inter-estatales y en puertos de entrada, padrón de productores y viveristas, etc. que genere información útil para toma de decisiones, a todos los integrantes de la cadena citrícola nacional.
6. Que el SENASICA continúe normando y dirigiendo la sanidad de los cultivos citrícolas del país, fortaleciendo las acciones relativas a la prevención y control del HLB, y que monitoree la certificación del personal que certifica la sanidad de los productos en los puntos de verificación fitosanitaria.
7. Concientizar a los diputados del grave riesgo que representa el HLB al país, para que autoricen al SENASICA un mayor presupuesto de los \$150 millones que hoy le asignan. De acuerdo a las necesidades de coordinación y realización de las actividades requeridas en la prevención y control del HLB y su vector, el presupuesto del SENASICA debería andar alrededor de los \$400 millones en 2011.



8. Que la SAGARPA organice reuniones periódicas como la del taller organizado por el IICA para intercambiar ideas sobre los resultados del estudio "Evaluación de los Impactos Económicos de la Enfermedad de los Cítricos HLB en la Cadena Citrícola Mexicana", para crear foros de análisis y actualización de información entre los interesados en el tema del HLB.

Involucramiento de todos los actores de la cadena citrícola nacional

9. Involucrar a los directamente relacionados con los potenciales impactos negativos del HLB, en la prevención y control de esta enfermedad; por ejemplo, autoridades federales (SENASICA, INIFAP, FIRCO, SUBSECRETARIA DE AGRICULTURA, FINANCIERA RURAL, etc.); gobiernos estatales; sistemas producto, organizaciones de productores, industrializadores y comercializadores de cítricos, viveristas, fabricantes de agroquímicos y fertilizantes, etc.
10. Que se establezcan convenios de colaboración entre los distintos participantes de la cadena citrícola nacional (como asociaciones de productores, viveristas y de agroindustriales) para la ejecución de acciones de prevención, regulación y control contra el HLB. Si cada eslabón de la cadena hace lo que le corresponde, habrá logros en la prevención y control de esta temida enfermedad.
11. Que los productores y viveristas ejecuten en sus propias huertas e instalaciones las actividades de exploración, muestreo y diagnóstico del HLB y su vector, para la detección oportuna de esta enfermedad, así como las de manejo fitosanitario correspondientes; estableciendo sanciones a quienes no cumplan con la norma respectiva.
12. Para tener éxito contra el HLB y su vector en México, considerado el complejo más peligroso para los cítricos en el mundo, es fundamental que todos los eslabones de la cadena agroalimentaria de los cítricos, agremiados en los Sistemas Producto Cítricos dulces, Limón Mexicano y Limón Persa participen de manera coordinada y regional en la estrategia propuesta por el SENASICA, la cual incluye:
 - cuarentena de zonas con presencia de HLB,
 - exploración para detección de síntomas,
 - muestreo de plantas y del insecto vector,
 - diagnóstico oportuno de muestras para la detección rápida de la enfermedad,
 - eliminación de árboles infectados de HLB en todo tipo de huerta,
 - control del vector en cítricos de huertas comerciales y traspatios,
 - manejo del vector en limonaria (*Murraya paniculata*) y/o eliminación de la planta,
 - instalación de malla antiáfidos en instalaciones de los viveros certificados, asegurando la producción de los patrones apropiados,
 - medidas de supervisión y control a los viveros libres (no certificados) e irregulares,
 - fortalecimiento del control legal mediante una estricta certificación en los puntos de verificación fitosanitaria para la detección oportuna del HLB en frutales hospedantes nacionales e importados movilizados de un estado a otro,
 - realización de divulgación y capacitación a productores, viveristas y agroindustriales.





13. Actualizar el padrón de productores (diferenciando los comerciales de los del sector social), industrializadores y comercializadores de cítricos para saber con exactitud quiénes son y en dónde están. Con esto podría identificarse a empresas fantasma que introducen cítricos al país de manera clandestina.

Realización de estudios y/o investigaciones por equipos interdisciplinarios, para toma de decisiones y redireccionamiento de estrategias

14. Desarrollar un estudio que permita identificar y evaluar posibles fuentes de financiamiento para llevar a cabo las actividades requeridas de prevención y control del HLB y su vector.
15. Diseñar y realizar una encuesta a productores, viveristas y empresas agroindustriales de cítricos para determinar, con base en ciertas medidas propuestas por el SENASICA, el mecanismo mediante el cual participarían en la prevención y control del HLB.
16. Realizar estudios por región productiva de especies cítricas del país, que permitan la estimación de impactos económicos más precisos, agregando al modelo productivo-epidemiológico variables como "edad de las huertas" y "densidad por hectárea", en donde esté disponible la información.
17. Qué el INIFAP:
 - Realice un recuento de las distintas actividades que se están realizando en México (tanto por dependencias federales y estatales como por universidades y centros de investigación) sobre prevención y manejo, desarrollo tecnológico e investigación relativa al HLB, a fin de evitar dispersión y duplicidad de acciones así como desperdicio de recursos.
 - Establezca esquemas de colaboración con otros países para el intercambio de información sobre experiencias de manejo, desarrollos tecnológicos y de investigación con respecto al HLB.
18. Qué el INIFAP investigue:
 - Los beneficios agronómicos de incrementar la densidad de árboles de cítricos agrios por hectárea, para contrarrestar la potencial reducción de la producción que traerá consigo el HLB.
 - Sobre variedades y patrones de cítricos resistentes al HLB en cada región del país, así como el posible control biológico del vector.
 - El paquete técnico a seguir ahora, así como en el mediano y largo plazo, en el manejo de plantaciones donde se han identificado focos de HLB.
 - Sobre las diversas formas de dispersión del HLB; por ejemplo, mediante el posible traslado de ninfas de psílidos infectados por la bacteria en la ropa, semillas, equipo de cosecha, etc.
 - Sobre el tamaño de la muestra para plantas asintomáticas, validando la información o resultados obtenidos en otros países.
 - La posible reconversión de tierras cítricas al cultivo de otros productos, tomando en cuenta las características agroclimatológicas de las distintas regiones del país y las condiciones de demanda de los productos.



- Sobre la generación del genoma del limón persa, con la resistencia e inocuidad al HLB.
 - El posible cultivo de nuevas plantaciones de cítricos en altitudes mayores, como entre 500 y 700 msnm.
 - El manejo óptimo de viveros de micro y macro propagación, registro y trazabilidad de cada una de las plantas, así como de un semillero protegido.
 - Sobre el efecto que podría traer el HLB en la calidad de las distintas especies y variedades de cítricos y, por tanto, en el porcentaje de jugo, la concentración de azúcares y la acidez.
 - Sobre el impacto ambiental y la calidad de los cítricos a procesar (ej. jugos y aceites esenciales) con respecto a los posibles residuos tóxicos que conservarían por el control químico adicional que se llevará a cabo dentro del manejo del HLB, tomando en cuenta los del cuadro básico de plagicidas que se aplica a los cultivos citrícolas.
19. La SAGARPA inició en 2001 el Programa Nacional de Reconversión Productiva de la Cadena Citrícola con el fin de transformarla hacia una actividad moderna, eficiente y altamente competitiva; a nueve años de iniciado este programa, evaluar sus logros y fallas en las diferentes regiones productoras del país (en algunos estados no ha funcionado) a fin de actualizar los planes rectores y fortalecer o redireccionar las estrategias actuales.
 20. Poner en marcha un comité de seguimiento que evalúe el Programa Nacional de Reconversión Productiva de la Cadena Citrícola.
 21. Evaluar las políticas de apoyo de la SAGARPA a los Sistemas Producto Cítricos dulces, Limón Mexicano y Limón Persa, en cuanto a los beneficios económicos generados a las distintas etapas de la cadena citrícola nacional, con el fin de priorizar la posible orientación de los recursos hacia aspectos fitosanitarios.
 22. Realizar estudios de mercado, tanto nacional como internacional, para evaluar los impactos económicos que puede generar el HLB en los costos de producción de los citricultores, precios de los productos frescos y procesados en el mercado nacional y externo, consumo nacional, competencia de los productos de otros países y oportunidades potenciales para los productos mexicanos en otros mercados.



X

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aubert, B. 1987. *Trioza erytreae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42:149-162.
- Aubert, B. 2008. Historical perspectives of HLB in Asia, pp. 16-24. In: Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando FL.
- Beattie, G.A.C., P. Holford, D.J. Mabblerley, A.M. Haigh, and P. Broadbent. 2008. On the origins of Citrus, Huanglongbing, *Diaphorina citri* and *Trioza erytreae*, pp. 25-57. In: Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando FL.
- Bellis, G., Hollis, D. and Jacobson, S. 2005. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), and huanglongbing disease do not exist in the Stapleton Station area of the Northern Territory of Australia. *Australian Journal of Entomology* 44:68-70.
- Berlansky, R.H., Cheng, K.R and Rogers, M.E., 2005. 2007 Florida Citrus Pest Management Guide: Huanglongbing (Citrus Greening). Plant Pathology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and agricultural Sciences, University of Florida.
- Burckhardt, D. 1994. Generic key to Chilean jumping plant-lice (Homoptera: Psylloidea) with inclusion of potential exotic pests. *Rev. Chilena Ent.* 21:57-67. CABI/EPPO. 2001.
- Capoor, S. P., D. G. Rao, and S. M. Viswanath. 1974. Greening disease of citrus in the Deccan Trap Country and its relationships with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama, pp. 43-49. In: L.G. Weathers and M. Cohen (eds.) Proc. 6th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Riverside, CA.
- Catling HD. 1970. Distribution of the psyllid vector of citrus greening disease, with notes on the biology and binomics of *Diaphorina citri*. *FAO Plant Protection Bulletin* 18:8-15.
- Catling, H. D. 1970. Distribution of the psyllid vectors of citrus greening disease with notes on the biology and binomics of *Diaphorina citri*. *FAO Plant Protection Bulletin*, 18:8-15.
- Cermeli, M., P. Morales, y F. Godoy. 2000. Presencia del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.* 15(2):235-243.
- Citrofrut, S.A. de C.V. 2003. *Citricultura mexicana: Situación y Perspectivas*. México
- Chung, K. R., and R. H. Brlansky. 2006. Citrus diseases exotic to Florida: Huanglongbing (citrus greening). <http://www.edis.ifas.ufl.edu/PP133>.
- Coronado, J. M., E. Ruíz, S. N. Myartseva, y G. Gaona. 2003. *Tamarixia* sp., (Hymenóptera: Eulophidae), parasitoide del psílido Asiático de los cítricos en Tamaulipas, México, pp. 71-73. In: *Memorias del XXVI Congreso Nacional de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico, Guadalajara, Jal., Méx.*
- da Graca, J.V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 109-136.



- da Graca, J. V., and L. Korsten. 2004. Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies, pp. 229-245. In: S.A.M.H. Naqvi (ed.) Diseases of fruits and vegetables, Vol. 1. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- DGSV. 2005. Presencia del huanglongbing en Florida, EE.UU. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (SENASICA). Dirección General de Sanidad Vegetal. Circular No. 152 (20 septiembre 2005).
- Diaphorina citri*. Distribution Maps of Plant Pests, Map No. 334. Wallingford, UK: CAB International.
- Ding, F., Jin, S., Hong, n., Zhong, Y., Cao, Yi. and Wang, G. 2008. Vitrification–cryopreservation, an efficient method for eliminating *Candidatus Liberobacter asiaticus*, the citrus Huanglongbing pathogen, from in vitro adult shoot tips. Plant Cell Reports 27: 241-250.
- Edwards, T. C. Jr., D. R. Cutler, L. Geiser, J. Alegria, and D. McKenzie. 2003. Assessing rarity of species with low detectability: lichens in pacific northwest forests. Ecological Applications 14 (2): 414-424.
- EPPO/CABI. 1996. Citrus greening bacterium. In: Quarantine Pests for Europe Supplement 1993-1995. Wallingford, UK: CAB International. EPPO. 2005. PQR database (version 4.4). Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization.
- Étienne, J., S. Quilici, D. Marival and A. Franck. 2001. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). Fruits. 56: 307-315.
- Flores-Virgen, R., N. Romero-Ramírez y M. Ávalos-Rebolledo. 2006. Avances en la detección de enemigos naturales de la *Diaphorina citri Kuwayama* (Homoptera: Psyllidae) en el estado de Colima. En: Memorias del XXIX Congreso Nacional de Control Biológico, Sociedad Mexicana de Control Biológico. Manzanillo, Col., Méx.
- Frank, J. H., and E. D. McCoy. 2007. The risk of classical biological control in Florida. Biological Control 41 (2): 151-174.
- Garnier, M., and J. M. Bové. 1993. Citrus greening disease and the greening bacterium, pp. 212-219. In: P. Moreno, J.V. da Graca, and L.W. Timmer (eds.) Proc. Conf. Int. Org. Citrus Virol., 12th. IOCV, Riverside, CA.
- Garnier, M., and J. M. Bové. 2000. Hunglongbing (Greening), pp. 46-48. In: L.W. Timmer, S.M. Garnsey, and J.H. Graham (eds.) Compendium of citrus diseases. Second Edition. APS. Press. St. Paul, Minnesota.
- Gibson GJ. 1997b. Markov chain Monte Carlo methods for fitting spatiotemporal epidemic stochastic models in plant pathology. Appl. Stat. 46:215-233.
- González, C., D. Hernández, R. I. Cabrera, J. R. Tapia. 2000b. *Diaphorina citri Kuw.*, inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. 10 pp.
- González, C., M. Borges, O. Castro, D. Hernández, J. L. Rodríguez, and R. I. Cabrera. 2000a. Report of natural



- enemies of *Diaphorina citri* Kuw (Homoptera: Psyllidae). In: International Society of Citriculture-Congress 2000. Program and Abstracts. 3-7 December 2000, Orlando, FL.
- González, R. F. de J., Rojo, R. R., Ramírez, A. O., Omaña, S. M., Matus, G. J. A., Rebollar, R. S. 2009. Comercialización de Productos derivados del Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle). Revista Mexicana de Agronegocios. Vol XIII (024): 808-822. México.
- Halbert, S. E. 1999. Asian citrus psyllid- A serious exotic pest of Florida citrus. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, University of Florida. <http://doacs.state.fl.us/~pi/enpp/ento/dcitri.htm>.
- Halbert, S. E., and K. L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: A literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist 87(3):401-402.
- Halbert, S. E., and K. A. Núñez. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean basin. Florida Entomologist 87(3):330-353.
- Hoy, M.A., A. Jeyaprakash, and R. Nguyen. 2001. Long PCR is a sensitive method for detecting *Candidatus Liberobacter* spp. in parasitoids undergoing risk assessment in quarantine. Biological Control 22 (3):278-287.
- Hoy, M.A., R. Nguyen, and A. Jeyaprakash. 1999. Classical biological control of Asian citrus psylla: Release of *Tamarixia radiata*. Citrus Industry 80: 20-22.
- Kika de la Garza Subtropical Agriculture Research Center. Weslaco, Texas. 9 pp. Tsai J. H., and Y. H. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. J. Economic Entomology 93(6):1721-1725.
- Knighten, C., J. Redding, D. Feiber, and L. Compton. 2005. U.S. Department of Agriculture and Florida Department of Agriculture confirm detection of citrus greening. http://www.doacs.state.fl.us/press/2005/09022005_2.html
- Lawless, J. F. 1980. Statistical Models and Methods for Lifetime Data. Ed. John Wiley and Sons. New York USA.
- Lopes, S. A., Frare, G. F., Yamamoto, P. T., Ayres, A. J. and Barbosa, J. C. 2007. Ineffectiveness of pruning to control citrus huanglongbing caused by *Candidatus Liberibacter americanus*. European Journal of Plant Pathology 119:463-468.
- López-Arroyo, J. I. 2001. Depredadores de áfidos asociados a los cítricos en Nuevo León, México. In: Memorias del Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Mexicana de Entomología. Julio de 2001. Querétaro, Qro.
- López-Arroyo, J. I., M. A. Peña, M. A. Rocha-Peña, and J. Loera. 2004. Occurrence of the Asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Mexico, pp. 179. In: XI Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Abstracts. November 2004. Monterrey, Nuevo León, México.



- López-Arroyo, J.I., J. Jasso, M.A. Reyes, J. Loera-Gallardo, E. Cortez-Mondaca, M.A. Miranda. 2008. Perspectives for biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Mexico. In: Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing. USDA, University of Florida. December 2008. Orlando FL.
- McFarland, C. D., and M. A. Hoy. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. *Florida Entomologist* 84(2): 227-233.
- McKenzie, C. L., and G. J. Puterka. 2004. Effect of sucrose octanoate on survival of nymphal and adult *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 97 (3):970-975.
- Mead, F. 1977. The Asiatic Citrus Psyllid, *Diaphorina citri Kuwayama* (Homoptera: Psyllidae). Fla. Dept. Agric & Consumer Servi. Division of Plant Industry. Entomol Circular No. 180. 4pp.
- Meyer J. M., M. A. Hoy, and D. G. Boucias. 2007. Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella* species infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri Kuwayama* (Hemiptera: Psyllidae), in Florida. *J. Invertebr. Pathol.* 95 (2):101-109.
- Meyer, J. M., Hoy, M. A. and Boucias, D. G. 2008. Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida. *Journal of Invertebrate Pathology* 99: 96-102.
- Meyer, J.M., and M.A. Hoy. 2008. Molecular survey of endosymbionts in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its parasitoids *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Florida Entomologist.* 91: 294-304
- Michaud, J. P. 2001. Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. *Fla. Entomol.* 84: 608-612.
- Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control* 29 (2): 260-269.
- Michaud, J. P., and Browning, H. P. 2002. Three targets of classical biological control in the Caribbean: Success, contribution, and failure. In: Proceedings of the 1st. International Symposium in Biological Control of Arthropods. February, 2002. Honolulu, Hawaii.
- NOM-EM-047-FITO-2009. Por las que se establecen acciones fitosanitarias para mitigar el riesgo de introducción y dispersión de HLB de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp.) en el territorio nacional.
- NOM-006-FITO-1995. Por las que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, productos y subproductos y subproductos que se pretenden importar cuando estos no estén establecidos en una norma oficial específica.
- NOM-007-FITO-1995. Por las que se establecen los requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo.



- NOM-008-FITO-1995. Por las que se establecen los requisitos y especificaciones para la importación de frutas y hortalizas frescas.
- NOM-011-FITO-1995. Por las que se establece la cuarentena exterior para prevenir la introducción de plagas de los cítricos.
- NOM-031-FITO-2000. Por las que se establece la campaña del Virus Tristeza de los Cítricos.
- OEPP/EPPO. 1988. Data sheets on quarantine organisms No. 151, Citrus greening bacterium and its vectors *Diaphorina citri* and *Trioza erytrae*. EPP/EPPO Bulletin 18:497-507.
- Qureshi, J. A., Rogers, M. E., Hall, D. G. and Stansly, P. A. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 102: 247–256.
- Roistacher, C. N. 1991. Techniques for biological detection of specific citrus graft transmissible diseases, pp. 33-45 (greening). FAO. ROME.
- Ruíz, E., J. M. Coronado, y S. N. Myartseva. 2005. Plagas de los cítricos y sus enemigos naturales en el estado de Tamaulipas, México. *Entomol. Mex.* 4: 931-936.
- Ruiz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J.M and Myartseva, S.N. 2004. The Asian citrus psyllid in México. University of Tamaulipas, UAM Agronomía y Ciencias, Centro Universitario, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- SIAP.2008. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- Skelley, L. H., and M. A. Hoy. 2004. Synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biological Control* (1): 14-23
- Srinivasan, R., Hoy, M. A., Singh, R. and Rogers, M. E. 2008. Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with Imidacloprid and Abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera:psyllidae). *The Florida Entomologist* 91: 87-100.
- Subsecretaría de Agricultura / SAGARPA. 2009. "Citricultura 2009", reporte interno.
- Tang, Y. Q. 1989. A preliminary survey on the parasite complex of *Diaphorina citri Kuwayama* (Homoptera: Psyllidae) in Fujian, pp. 10-16. In: B. Aubert, K. Chung and C. Gonzales (eds.). Proc. 2nd FAO-UNDP Regional Workshop on the Asian-Pacific Citrus Greening Disease.
- Teixeira D.C., C. Saillard, S. Eveillard, J. L. Danet, P. I. da Costa, A. J. Ayres, J. M. Bové. 2005b. '*Candidatus Liberibacter americanus*', associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55 (5):1857-1862.
- Teixeira D.C., J. L. Danet, S. Eveillard, E. C. Martins, W. C. de Jesus, P. T. Yamamoto, S. A. Lopes, R. B. Bassanezi, A. J. Ayres A, C. Saillard, and J. M. Bové. 2005a. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the '*Candidatus*' *Liberibacter* species associated with the disease. *Mol. Cell Probes* 19 (3):173-179.



- Trujillo, A. Javier. 2009. Comunicado del Director General de Sanidad Vegetal de la SAGARPA al Representante de la Oficina del IICA en México, del 15 de Septiembre de 2009.
- Tsai, J.H., J-J. Wang, and Y.H. Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. *Florida Entomologist* 85(3):446-451.
- Villalobos, W., C. Godoy, and C. Rivera. 2004. Occurrence of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), the vector of Huanglongbing, in Costa Rica. In: Proceedings of the XVI Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Monterrey, N.L., Mex., 7-13 November 2004.
- Wooler A., D. Padgham, and A. Arafat 1974. Outbreaks and new records. Saudi Arabia. *Diaphorina citri* on citrus. *FAO Plant Protection Bulletin* 22:93-94.
- Xu, C.-F., Y.-H. Xia, K.-B. Li, and C. Ke. 1988. Further study of the transmission of citrus huanglongbin by a psyllid, *Diaphorina citri Kuwayama*, pp. 243-248. In: L. W. Timmer, S. M., and L. Navarro (eds.) Proc. 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Riverside, CA.
- Zaka, S. M., Zeng, X., Holford, P. and Charles, G. A. 2009. Repellent effect of guava leaf volatiles on settlement of adults of citrus psylla, *Diaphorina citri Kuwayama*, on citrus. *Insect Science* 0: 1-7.
- Zhou, L.J., D.W. Gabriel, Y.P. Duan, S.E. Halbert, and W.N. Dixon. 2007. First report of dodder transmission of Huanglongbing from naturally infected *Murraya paniculata* to citrus. *Plant Dis.* 91:227.



**Evaluación del impacto económico de Huanglongbing HLB
en la Cadena Citrícola Mexicana**

Este libro se termino de imprimir en el mes de Julio de 2010
en los talleres de Compañia Impresora Kavers S.A. de C.V.
Prolongación Navajos Mz.3 Lt.9 Col. Tlalcoligia C.P. 14430 Tlalpan, México, D.F.
con un tiraje de 700 ejemplares

Oficina del IICA en México

www.iica.org.mx

San Francisco No. 1514, Colonia tlacoquemecatl del Valle, Delegación Benito Juárez, México, D.F. 03100
Tel. (52-55) 55 59 85 19 / 55 59 84 77 Fax (52-55) 55 59 88 87